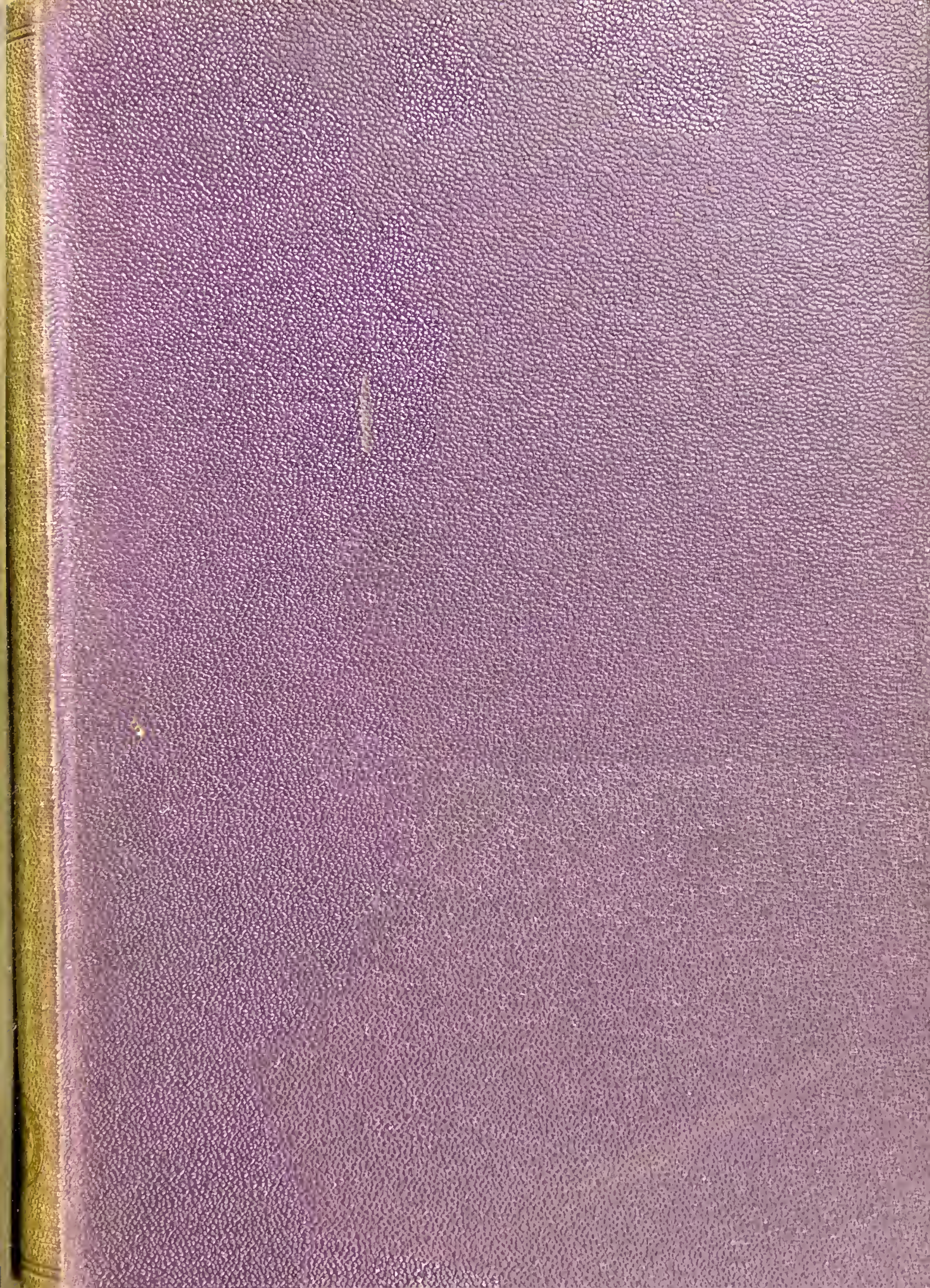
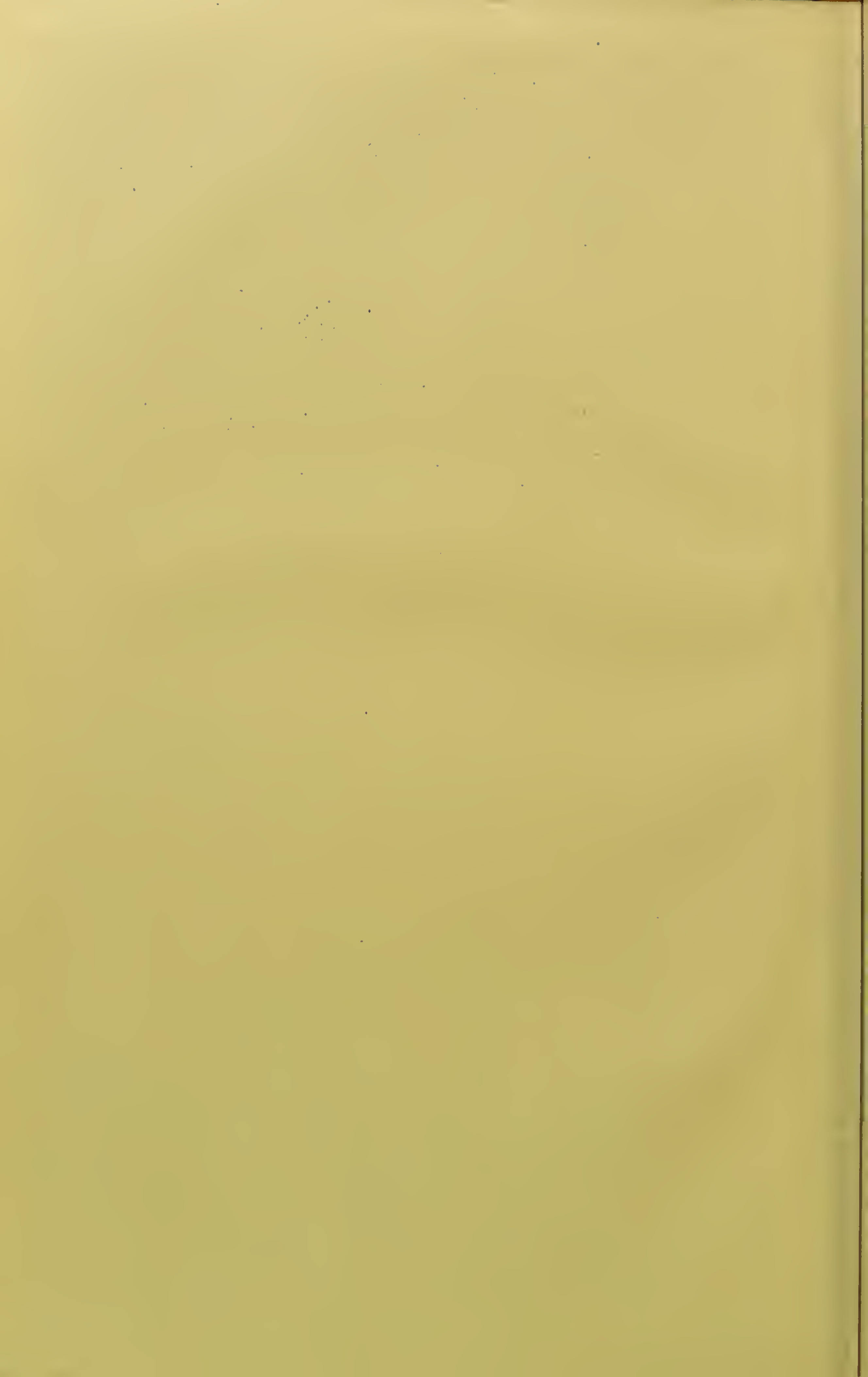






ÜBER

DIE RAUMWAHRNEHMUNGEN

DES

TASTSINNES.

EIN BEITRAG ZUR EXPERIMENTELLEN PSYCHOLOGIE

VON

DR. VICTOR HENRI.





BERLIN,
VERLAG VON REUTHER & REICHARD
1898.



MEINEM

HOCHVEREHRTEN UND TEUREN LEHRER

HERRN

A. BINET

DIREKTOR DES PSYCHOLOGISCHEN LABORATORIUMS IN PARIS

IN TIEFER UND HERZLICHER DANKBARKEIT

GEWIDMET.

VICTOR HENRI.



Vorwort.

Die experimentelle Psychologie ist jetzt durch ihre rasche Entwickelung zu einem Zustande gelangt, in dem sowohl allgemeine Lehrbücher der Psychologie, als auch kleine Spezialarbeiten nicht mehr genügen, es müssen vielmehr Monographien über einzelne Gebiete geschaffen werden. Wohl giebt es schon Monographien über die physiologische Optik, über die Tonpsychologie, über das Gedächtnis, über Gefühle etc.; auf dem Gebiete des Hautsinnes ist bis jetzt nur eine Monographie erschienen, es ist die vorzügliche Arbeit von M. v. FREY, welche dem Druck- und Schmerzsinne gewidmet ist.

Ich habe mir die Aufgabe gestellt, eine Monographie über die Raumwahrnehmungen im Gebiete des Tastsinnes zu schreiben; in dieser Arbeit wird man also eine Zusammenfassung der experimentellen und theoretischen Untersuchungen über dieses Gebiet, sowohl anderer Autoren, als auch von mir selbst finden. Diese Zusammenfassung ist möglichst vollständig gemacht; viele Tabellen und Figuren, die manchmal schwer zugänglich sind, habe ich wiedergegeben. Um das Nachschlagen zu erleichtern, ist ein ausführliches Inhaltsverzeichnis beigefügt; ausserdem befindet sich am Ende eine Bibliographie.

Es ist mir eine Freude, diese Arbeit meinem hochverehrten und teuren Lehrer Herrn A. BINET zu widmen. Ihm verdanke ich nicht nur die Anregung zu dieser Arbeit, sondern überhaupt alles, was ich in der Psychologie geschrieben habe; er hat mich in die Psychologie eingeführt, indem er mich zum Mitarbeiter nahm und dabei mir

zeigte, wie man aus reinem Interesse für die Wissenschaft arbeiten muss.

Meinem hochverehrten Lehrer Herrn Professor Dr. Georg Elias Müller will ich hier meine herzlichste Dankbarkeit aussprechen für die Bereitwilligkeit, mit der er meine Arbeit durchgesehen und mir dabei sowohl stilistische als auch sachliche Veränderungen angewiesen hat.

Göttingen 1897.

Victor Henri.

Inhaltsverzeichnis.

II. Teil. Theorien über die Raumwahrnehmungen im Gebiete des Tastsinnes.

Einleitung.

Es ist eine bekannte Thatsache, dass, wenn unsere Haut von irgend einem Gegenstande mit genügender Stärke berührt wird, wir bei darauf gerichteter Aufmerksamkeit sofort eine Tastempfindung haben. An dieser Tastempfindung unterscheiden wir ihre Intensität, ihre Qualität (Berührung, Schmerz, Kälte, Wärme), ihre Dauer und ihre »Räumlichkeit«. Ich will damit nicht sagen, dass diese vier Momente gleichwertig oder dass sie alle vier primären Ursprunges sind; ich führe es nur als eine allgemein bekannte Thatsache an. Die weitere Unterscheidung und Vergleichung der vier oben erwähnten Momente kann nur als Resultat einer psychologischen Analyse betrachtet werden. Hier will ich nur eins sagen: dass die »Räumlichkeit« einer Tastempfindung uns ebenso als unmittelbar gegeben erscheint, wie die Intensität, die Qualität und die Dauer derselben. Mit dieser Räumlichkeit der Tasteindrücke werde ich mich in dieser Arbeit beschäftigen.

Die »Räumlichkeit« einer Tastempfindung belehrt uns erstens über die Ausdehnung des Gegenstandes, der unsere Haut berührt, und zweitens erlaubt sie uns, die berührten Stellen unserer Haut anzugeben oder, wie man sagt, zu lokalisieren.

Wir haben in der That eine Vorstellung von der Form des Objektes, das unsere Haut berührt, wir sagen, es ist ein Punkt, eine Linie von einer bestimmten Länge und Richtung, eine Fläche von bestimmter Form und Grösse, ferner haben wir eine Vorstellung von der Zahl der Eindrücke, und endlich stellen wir uns, wenn das Objekt bewegt wird, die Amplitude, die Richtung und die Geschwindigkeit der Bewegung vor. In allen diesen Fällen erhebt sich die

Frage nach der Richtigkeit und der Genauigkeit dieser räumlichen Vorstellungen. Ist die vorgestellte Grösse einer Linie oder Fläche der wirklichen Grösse des Objektes gleich? Ist die Vorstellung von der Entfernung zweier Punkte, die unsere Haut berühren, genau? u. s. w. Es sind in jedem einzelnen Falle drei Fragen zu beantworten:

1. Die Schwelle:

Wie gross muss eine bestimmte räumliche Eigenschaft des Objektes sein, damit wir gerade noch eine Vorstellung von dieser Eigenschaft haben? Z. B., wie gross muss die Entfernung zweier Punkte, die unsere Haut berühren, sein, damit wir zwei getrennte Punkte wahrnehmen?

Wie gross muss die Bewegung eines Punktes auf unserer Haut sein, damit wir diese Bewegung wahrnehmen? u. s. w.

2. Die Unterschiedsschwelle:

Es wird die Haut mit zwei Objekten gleichzeitig oder nach einander berührt, diese Objekte unterscheiden sich in einer gewissen räumlichen Eigenschaft; wie gross muss dieser Unterschied sein, damit wir ihn wahrnehmen?

Z. B. Es wird die Haut zuerst mit zwei Spitzen berührt, man empfindet zwei Punkte, die in einer gewissen Entfernung von einander zu sein scheinen; dann berührt man die Haut mit zwei anderen Spitzen, wie gross muss wenigstens der Unterschied der beiden Distanzen sein, damit die beiden letzteren Punkte in einer grösseren resp. kleineren Entfernung von einander zu liegen scheinen, als die ersteren?

3. Die Richtigkeit der räumlichen Vorstellung:

Wie verhält sich die Vorstellung von der Ausdehnung eines Objektes, das die Haut berührt, zu der wirklichen Grösse seiner Ausdehnung?

Es wird z. B. die Haut mit einer Linie berührt, wie verhält sich die vorgestellte Länge der Linie zu der wirklichen?

Bis jetzt habe ich absichtlich nur von Vorstellungen über die räumlichen Eigenschaften gesprochen, ohne näher zu analysieren, welcher Natur diese Vorstellungen sein können. Die Thatsachen des täglichen Lebens zeigen, dass diese Vorstellungen entweder Gesichtsvorstellungen oder Bewegungsvorstellungen oder auch rein

taktile sein können. Die Beobachtungen an Blinden geben uns dafür schlagende Beispiele, auf die wir weiter zurückkommen werden. Die vorigen Fragen erheben sieh also in Bezug auf jede dieser Vorstellungen. —

Wir haben oben gesehen, dass wir jeden Tasteindruek auf unserer Haut zu *lokalisieren* imstande sind, das heisst, wir können angeben, wo unsere Haut berührt ist. Es lassen sieh hier wieder mehrere Fragen aufwerfen.

1) *Wie lokalisieren wir den Tasteindruek?*

Wir bestimmen die Berührungsstelle entweder dureh eine Lokalisationsbewegung, indem wir sie z. B. mit dem Zeigefinger angeben, oder vermittelst einer Gesiehtsvorstellung, indem wir uns die berührte Stelle unseres Körpers visuell vorstellen, oder endlieh, indem wir, ohne uns die Stelle vorzustellen, ohne eine Lokalisationsbewegung auszuführen, den berührten Ort mit Worten besehreiben. Welche von diesen Arten die primäre ist, wird später untersueht werden.

2) *Genauigkeit der Lokalisation.*

Ist die Stelle, die man für die berührte hält, wirklich die berührte, und wenn sie es nieht ist, wie gross ist der begangene Lokalisationsfehler? Diese Frage erhebt sich bei jeder der drei Lokalisationsarten.

Die experimentelle Beantwortung aller der vorstehenden Fragen ist noeh nieht gegeben. Über die erste Gruppe von Fragen sind viele Arbeiten gemaeht worden; meistens sind es Untersuehungen über die Sehwelle bei der Berührung der Haut mit zwei Spitzen. Die zweite Gruppe von Fragen, die sieh mit der Lokalisation der Tasteindrüeke besehäftigt, ist noeh kaum untersucht worden. Niehtsdestoweniger haben diese Lüeken viele Autoren nicht abgehalten, Theorien über die Entstehung und über die Natur der Räumliehkeit der Tasteindrücke aufzustellen.

In diesen Theorien werden meistens ganze Gebiete von Thatsachen nicht in Betraeht gezogen; der eine will nichts von der Pathologie und Physiologie wissen, der andere sehenkt den normalen Beobachtungen nicht genügend Beaehtung. Ich glaube, dass man eine befriedigende Theorie erst dann geben kann, wenn man alle hier aufgeworfenen Fragen experimentell beantwortet hat. Deswegen wird aueh hier *nieht* eine *vollständige* Theorie aufgestellt werden,

es sollen vielmehr einige leitende Punkte für eine Theorie entwickelt werden, so weit es die bisher angestellten Beobachtungen erlauben. Ich werde also im ersten Teil dieser Arbeit die Beobachtungsresultate, die von anderen Autoren und von mir selbst bis jetzt erhalten worden sind, zusammenstellen. Im zweiten Teile werden die verschiedenen Theorien, die über die Räumlichkeit des Tastsinnes aufgestellt sind, kritisch besprochen und dann einige Punkte meiner eigenen theoretischen Anschauungen dargestellt werden.

Die Versuche, die ich gemacht habe, sind im Jahre 1892 in Paris im Laboratorium von A. Binet auf dessen Anregung angefangen worden. Fortgesetzt wurden sie vom Mai 1894 bis Januar 1896 im Psychologischen Institute von Prof. Wundt in Leipzig, und dann vom März 1896 bis März 1897 in dem Institute von Prof. G. E. Müller in Göttingen. Ferner habe ich einige Versuche, welche pathologische Fälle betrafen, 1892 in der Salpêtrière und 1895 in der Leipziger Poliklinik mit der freundlichen Erlaubnis von Dr. Windscheid angestellt. Es ist mir eine Freude, hier den Herren A. Binet, Prof. G. E. Müller, Dr. Windscheid und Prof. Wundt für ihr freundliches Entgegenkommen zu danken; ebenso gestatte ich mir an dieser Stelle meinen aufrichtigen Dank Herrn Prof. Külpe für freundliche Anregung zu sagen. Versuchspersonen waren bei diesen Versuchen Dr. Arrer, Dr. Brahn, Dr. Grotenfeld, Frau C. Henri, Dr. Heller, Dr. Jost, Dr. Judd, Dr. Kiesow, Prof. Külpe, Mme L., Mlle K., Miss Martin, Dr. Meumann, Prof. G. E. Müller, Dr. Moldovani, Dr. Pilzecker, Dr. Rädler, Rodoslawow und Dr. Tawney. Ihnen allen sage ich meinen besten Dank für ihre freundliche und ausdauernde Mitarbeit. Bei den meisten Versuchen bin ich auch selbst Versuchsperson gewesen. Ich spreche auch meinen herzlichsten Dank meinen Freunden Blumenthal und Dr. Jost für die Korrektur des Styles der Arbeit aus.

I. Teil.

Zusammenstellung der Thatsachen.

Wir haben in der Einleitung gesehen, dass die Räumlichkeit eines Tasteindrucks zu zwei verschiedenen Gruppen von Urteilen führen kann. Die erste bezüglich der Ausdehnung des Gegenstandes, der unsere Haut berührt, die zweite bezüglich der Stelle unseres Körpers, die berührt wird. Demnach wird der I. Teil in zwei Kapitel zerfallen; in dem ersten wird von dem *Raumsinne der Haut*, im zweiten von der *Lokalisation der Tasteindrücke* gesprochen.

I. Kapitel.

Raumsinn der Haut.

Die Aufmerksamkeit des Subjekts ist in allen diesen Fällen auf die räumlichen Eigenschaften des Gegenstandes, der unsere Haut berührt, gerichtet. Man kann bei der Zusammenstcllung die Resultate entweder nach den untersuchten räumlichen Eigcnschaften, oder nach den in der Einleitung (S. 2) aufgestellten drei Hauptfragen gruppieren. Wir wählen die letztere Anordnung, die Darstellung wird dadurch übersichtlicher.

§ 1. Untersuchungen über die Schwelle. Methoden zur Bestimmung der Schwelle.

Wenn man dic Haut, z. B. auf der Streckseite des Armes, mit zwei Spitzen, dercn Entfernung cinige Millimeter beträgt, berührt, so 1.

pflegt man eine Spitze zu empfinden; wenn dagegen die Entfernung etwa 10 cm gross ist, so empfindet man deutlich zwei Punkte; ebenso hat man bei Berührung mit einer Linie von 2—3 mm oder mit einer Fläche von demselben Durchmesser (2—3 mm), oder auch bei Bewegung eines Punktes auf der Haut um 2 mm die Empfindung eines Punktes. Wenn aber die Linie, die Fläche oder die Bewegung grösser sind (etwa 10 cm), so empfindet man deutlich eine Linie, eine Fläche oder eine Bewegung. Man sieht also, dass, wenn die Ausdehnung eines Eindrucks zu gering ist, man sie nicht wahrnimmt. Wenn sie dagegen gross ist, so nimmt man sie deutlich wahr. Es fragt sich nun, wie diese räumlichen Eigenschaften wahrgenommen werden bei Übergangswerten? Die meisten Autoren haben ohne nähere Diskussion angenommen, dass es eine gewisse Grösse giebt, die man Schwelle nennt, unterhalb deren man die Ausdehnung nicht wahrnimmt, und oberhalb deren man sie wahrnimmt. Diese Behauptung entspricht aber den Thatsachen nicht; ich glaube vielmehr, dass der Übergang von der Unmerklichkeit zu der Merklichkeit ein stetiger ist. Ich gebe einige Beispiele: Man berührt die Haut mit einer Reihe von Spitzenpaaren, deren Distanz von einem Millimeter bis zu einigen Centimetern allmählich wächst, die Versuchsperson muss jedesmal ihre Empfindung beschreiben. Die Versuche zeigen, dass zuerst ein kleiner scharfer Punkt empfunden wird, dann ein grösserer stumpfer Punkt, der allmählich in eine kleine Fläche von der Form eines Ovals übergeht, dann scheint es manchmal eine Linie zu sein, dann empfindet man zwei Punkte, die zu einander nahe sind, zwischen denen aber eine leise Linienberührung zu sein scheint; endlich hat man die Empfindung von zwei getrennten Punkten, aber man kann manchmal noch nicht die Richtung, in der sie liegen, angeben, und nur bei grösseren Distanzen empfindet man deutlich die beiden Punkte nebst der Richtung.

Diese Beobachtungen sind von mehreren Autoren gemacht worden, ich weise nur auf Camerer (20)[1]) und auf Tawney (148 u. 149) hin. Entsprechend verhält es sich, wenn man die Haut mit Linien oder Flächen berührt. Z. B. wenn man die Haut mit einer Kreislinie

---

1) Die Zahlen, welche sich in den Klammern neben den Autornamen befinden, geben die Nummer an, unter welcher die betreffende Arbeit in der Bibliographie steht.

berührt, etwa der Kante eines hohlen Cylinders, und wenn man die Grösse des Durchmessers von einem Millimeter bis zu einigen Centimetern wachsen lässt, so empfindet man, wie schon Weber angegeben hat, zunächst einen scharfen Punkt, dann einen stumpferen, dann eine Fläche, die immer grösser und grösser zu sein scheint; endlich empfindet man eine Kreislinie. Es fragt sich nun, was in allen diesen Fällen als Schwelle bezeichnet werden soll?

Muss man als Schwelle für die Empfindung zweier Punkte den Abstand nehmen, wo man zwei Spitzen zu fühlen anfängt, obgleich diese Spitzen mit einander verbunden zu sein scheinen, oder ist die Schwelle der Abstand, wo man zwei getrennte Punkte in richtiger gegenseitiger Lage angeben kann, oder eine andere charakteristische Distanz?

Die meisten Autoren haben das Problem sehr einfach gelöst: Die Versuchsperson wurde aufgefordert, entweder »eine Spitze« oder »zwei Spitzen«, oder »unsicher« zu antworten, die unsicheren Fälle strich man weg, oder man verteilte sie zwischen den beiden anderen Gruppen, und so bekam man »die Schwelle«. Man sieht, wie willkürlich dieses Verfahren ist, denn jede Versuchsperson giebt der Antwort »zwei Spitzen« eine andere Bedeutung. Die eine sagt »zwei Spitzen«, wenn es ihr scheint, dass es nicht ein Punkt ist; die andere dagegen sagt es erst, wenn sie deutlich zwei Punkte empfindet. Diese individuellen Verschiedenheiten werden aber gar nicht in Betracht gezogen. So hat man tausende von Versuchen in pathologischen Fällen, bei gebildeten und ungebildeten Leuten, bei Männern und Frauen, bei Verbrechern und »Degenerierten« gemacht, man hat daraus Schlüsse über die »Empfindlichkeit« gezogen, man hat sich aber nicht gefragt, in wieweit die Resultate vergleichbar sind. Dieser Fehler drückt die Bedeutung dieser Versuche stark herab. Man hat Zahlen, aber man weiss nicht, was sie bedeuten.

Es ist auch noch die Möglichkeit vorhanden, dass eine und dieselbe Versuchsperson die Antwort »zwei Spitzen« bald im einen, bald im andern Sinne gebraucht, eine Erscheinung, die von der verschiedenen Spannung oder Richtung der Aufmerksamkeit abhängt.

Trotz der hier angedeuteten Schwierigkeiten ist die Möglichkeit, einen annähernden Wert für die Schwelle zu finden, nicht ausgeschlossen. Man muss dabei von der Schwelle eine möglichst

gleichartige Definition geben; am besten empfiehlt es sich, als Schwelle diejenige Grösse zu bezeichnen, bei der man die räumlichen Eigenschaften *deutlich wahrzunehmen* glaubt. So z. B. im Falle der Berührung der Haut mit zwei Spitzen würde man Schwellendistanz diejenige nennen, bei der man eben *deutlich* zwei Punkte empfindet; man muss daher vor den Versuchen der Versuchsperson ganz genau sagen, dass sie »zwei Spitzen« nur bei voller Sicherheit zu antworten hat. Obwohl auch damit vollständige Genauigkeit nicht gewährleistet wird, da jeder eine besondere Definition des Wortes Sicherheit hat, so sind doch die Missverhältnisse in diesem Falle viel geringer, als wenn man ohne weitere Erörterung von der Versuchsperson eine von den drei Antworten »eine Spitze«, »unentschieden« oder »zwei Spitzen« fordert. Noch besser ist es, wenn man die Versuchsperson bittet, jede Berührung so vollständig wie möglich mit Worten zu beschreiben. Eine Beobachtungsreihe dieser Art nimmt wohl viel mehr Zeit und ist für die Versuchsperson viel ermüdender, als eine Versuchsreihe der vorigen Art, aber man erhält so ein richtigeres und genaueres Bild von den Empfindungen der Versuchsperson. Eine Anzahl Versuche dieser Art wurden von Dr. TAWNEY und mir angestellt, es konnten dabei kaum mehr als 20 Versuche in der Stunde gemacht werden, und die erhaltenen Antworten sind so mannigfaltig, dass es grosse Schwierigkeiten bietet, sie in Tabellen zusammenzufassen. Die Zahl dieser Versuche ist aber zu gering (etwa 500), um eine eingehende Beschäftigung mit ihnen zu lohnen.

2. Welche sind nun die Methoden zur praktischen Bestimmung der Schwelle?

Es giebt zwei wichtigere Methoden, um *annähernd* die Schwelle zu bestimmen:

Die *Methode der Minimaländerungen* und die *Methode der richtigen und falschen Fälle.* Bei Anwendung beider Methoden sind einige allgemeine Vorschriften zu beachten: die Haut muss in allen Versuchen mit gleicher Stärke und in gleicher Weise berührt werden. Es müssen bei Berührung mit Spitzen die Temperaturpunkte vermieden werden, denn eine Kälte- oder Wärmeempfindung ist sehr störend; wenn einmal ein Temperaturpunkt zufälligerweise berührt wird, und die Versuchsperson Kälte oder Wärme empfindet, so muss der Versuch wiederholt werden. Zwischen den

einzelnen Versuchen müssen Pausen eingeschaltet sein, die um so länger sein müssen, je stärker die Berührung ist, denn die Nachempfindungen von einem Versuch zum anderen wirken störend. Die Versuchspersonen sind in dieser Beziehung einander nicht gleich, die einen haben stark entwickelte Nachempfindungen, andere haben sie fast gar nicht; darum ist es auch nötig, in einigen Versuchen und manchmal auch zwischen den Versuchen die Dauer der Nachempfindungen zu bestimmen. Eine Beobachtung, die von TAWNEY und mir öfters gemacht wurde und die nicht ohne Wichtigkeit sein dürfte, ist, dass manchmal nach einer Berührung die Nachempfindung vollständig verschwunden zu sein scheint; wenn man aber die Haut in einem benachbarten Punkte berührt, so fühlt man wieder die verschwundene Nachempfindung; es scheint, als ob die neue Berührung diese Nachempfindung wieder auftauchen lässt. Es muss bei den Versuchen darauf geachtet werden, dass die Versuchsperson nicht ermüdet, und dass sie möglichst gleichmässig die Aufmerksamkeit den Empfindungen zuwendet. Endlich muss das Verfahren ein *unwissentliches* sein, die Versuchsperson darf weder die gebrauchte Methode, noch die Grössen, noch die Richtigkeit ihrer Antworten, noch den Zweck der Untersuchung kennen. Nach allen diesen Vorbemerkungen gehe ich zur Darstellung der Methoden für die Bestimmung der Schwelle über.

3. *Die Methode der Minimaländerungen.* Wir nehmen als Beispiel die Schwelle bei der Berührung mit zwei Spitzen: Man berührt die Haut mit einer Reihe von Spitzenpaaren, deren Distanzen allmählich bis zu dem Werte wachsen, wo die Versuchsperson schon regelmässig deutlich zwei Punkte empfindet, man notiert die Distanz, bei der die Empfindung zweier Punkte angefangen hat, sie sei d_1; dann berührt man die Haut mit einer Reihe von Distanzen, die allmählich abnehmen, und notiert die Distanz d_2, bei der die Versuchsperson nicht mehr deutlich zwei Punkte empfindet; dann wird das arithmetische Mittel $\frac{d_1 + d_2}{2}$ die Grösse der Schwelle genannt. In dieser Form wird in den meisten Lehrbüchern und Arbeiten die Methode geschildert[1]). Geht man aber dazu über, die Versuche in dieser

1) Ich bemerke, dass die erste klare und präzise Darstellung dieser Methode sich bei G. E. MÜLLER, Grundl. d. Psychophys. 1878. S. 56—71, bes. S. 63 befindet.

Weise anzustellen, so stösst man auf eine Anzahl Schwierigkeiten, auf die ich näher eingehen will.

a) Bei welcher Distanz muss man die Reihe anfangen?

Es wird allgemein gesagt, dass man bei einer Distanz anfangen muss, bei der man deutlich einen Punkt fühlt (aufsteigende Reihe), bezw. deutlich zwei getrennte Punkte empfindet (absteigende Reihe). Dies definiert aber noch gar nicht die Anfangsdistanz. So z. B. in der Mitte des Vorderarmes (Volarseite, longitudinal) empfindet man gewöhnlich einen Punkt bei einer Distanz, die kleiner als 20 mm ist. Muss man nun unmittelbar vor 20 mm anfangen, oder bei einer noch kleineren Distanz, etwa 10 mm?

b) Wie muss die Distanz von einem Versuche zum anderen verändert werden?

Bleiben wir beim vorigen Beispiele, wenn man mit einer Distanz von 10 mm anfängt, wie gross muss die zweite, dritte u. s. w. Distanz sein? Muss man eine arithmetische Reihe für die Distanzen nehmen, oder vielleicht einer anderen Regel folgen? müssen die Stufen möglichst klein, oder gross sein? Alles das sind Fragen, die noch nicht beantwortet sind.

Es scheint aus den Versuchen, die ich gemacht habe, zu folgen, dass es sich am besten empfiehlt, in den ersten Reihen die Distanzen zwischen grösseren Grenzen variieren zu lassen. So z. B. auf dem Vorderarm von etwa 5 mm bis zu 70 mm, und dabei die Stufen ziemlich gross zu wählen, etwa 5 mm gross. Man erhält so folgende Distanzen: 5, 10, 15, 20, 25 . . . . 60, 65, 70 mm. In den späteren Reihen werden die Grenzen mehr an einander geschoben und die Stufen kleiner gemacht, z. B. nachstehender Reihenfolge entsprechend: 15, 18, 21, 24, 27 . . . . 40, 43, 46 mm. Weiterhin wird man die Grenzen noch mehr an einander rücken und die Stufen noch kleiner machen, wie z. B. 21, 23, 25, 27 . . . . 34, 36, 38 mm. Es werden so die Grenzdistanzen mehr und mehr der Distanz genähert, bei der man gerade noch zwei Punkte deutlich empfindet. Hierauf muss man aber dieselben Reihen in umgekehrter Folge anwenden, bis man am Ende wieder mit den Distanzen 5, 10 . . . . 65, 70 mm operiert; nur nach einer solchen Durchführung kann man sichere Resultate erhalten. Die Wiederholung der Reihen in umgekehrter Ordnung hat den Zweck einer Kontrolle der Resultate. Es muss jedesmal sowohl

die aufsteigende, wie die absteigende Richtung gebraucht werden; aber man muss immer daran denken, dass bei der absteigenden Richtung die Versuchsperson sehr leicht beeinflusst werden kann, so dass man auf die Resultate, die bei dieser Richtung erhalten sind, weniger Wert legen muss, als auf die bei der aufsteigenden Richtung erhaltenen.

e) Es ist in den bisherigen Ausführungen angenommen worden, dass, wenn die Distanzen stetig von einem Versuch zum anderen wachsen, die Empfindungen auch stetig sich von einem Versuch zum anderen verändern müssen. Die Versuche zeigen aber, dass das nicht der Fall ist. Wenn das Verfahren ein vollständig unwissentliches ist, d. h. wenn die Versuchsperson auch nicht die gebrauchte Methode kennt, so kommen oft Unregelmässigkeiten in den Antworten vor. Ich gebe ein Beispiel aus den Versuchen, die ich mit Dr. Tawney gemacht habe.

Es wurde die Mitte der Volarseite des rechten Vorderarmes longitudinal berührt, die Antworten in einer Reihe waren folgende:

Distanz		Antwort
1 Spitze	. . . .	1 Punkt sehr deutlich
3 mm	. . . .	1 » » »
6 »	. . . .	1 » » »
9 »	. . . .	1 » » »
12 »	. . . .	1 » » »
15 »	. . . .	1 » » »
18 »	. . . .	1 » » »
21 »	. . . .	1 » » »
24 »	. . . .	1 » » »
27 »	. . . .	1 » » »
30 »	. . . .	2 Punkte sehr nahe an einander
33 »	. . . .	1 Punkt etwas stumpf
36 »	. . . .	2 Punkte sehr deutlich
39 »	. . . .	1 Punkt » »
42 »	. . . .	2 Punkte deutlich
45 »	. . . .	2 Punkte sehr deutlich
48 »	. . . .	1 Punkt deutlich
51 »	. . . .	2 Punkte sehr deutlich
54 »	. . . .	2 » » »
57 »	. . . .	2 » » »
60 »	. . . .	2 » » »

Welche ist hier die Distanz, bei der man zwei Punkte zu fühlen anfängt? Beträgt sie 30 mm, oder 36 mm, oder 42 mm? Und solche unregelmässige Reihen kommen ziemlich oft vor. Diese Schwierigkeiten sprechen nicht überhaupt gegen die Anwendbarkeit der Methode der Minimaländerungen, sie zeigen nur, dass man mit dieser Methode genauere Resultate nur dann erhalten kann, wenn die Zahl der Versuche eine sehr grosse ist, grösser noch als bei der Methode der richtigen und falschen Fälle.

4. Man hat oft eine Methode zur Bestimmung der Schwelle gebraucht, die der vorstehenden sehr ähnlich ist: es ist dies die Methode von LICHTENFELS (1851). Sie besteht darin, dass man von den kleinsten Distanzen so lange zu immer grösseren übergeht, bis man deutlich zwei Punkte empfindet; dann umgekehrt von den grösseren Distanzen zu immer kleineren übergeht, bis man deutlich einen Punkt empfindet. Man erhält auf diese Weise zwei verschiedene Werte für die Schwelle, nämlich »die Schwelle für zwei Punkte« und »die Schwelle für einen Punkt«. Ich betone aber ausdrücklich, dass man bei dieser Methode nicht berechtigt ist, das arithmetische Mittel der beiden erhaltenen Werte zu ziehen und es als Wert der Schwelle zu bezeichnen; LICHTENFELS sowie CZERMAK, der diese Methode gebraucht hat, haben es auch nicht gethan (S. 93). In der späteren Zeit ist dagegen dieser Fehler öfters begangen worden; so finden wir ihn z. B. bei WUNDT (Physiol. Psychol. 4. Aufl. Bd. I. S. 342) und bei KÜLPE (Grundriss d. Psychol. S. 60) in der allgemeinen Darstellung der Methode der Minimaländerungen. Diese Autoren behaupten, dass man bei der Methode der Minimaländerungen zunächst von der Gleichheit ausgeht und den Unterschied der beiden Reize so lange vergrössert, bis man deutlich einen Unterschied empfindet; dann von der deutlichen Verschiedenheit ausgeht und den Unterschied verringert, bis man zur Gleichheit gelangt; hier liegt der Fehler: man muss nicht den Moment der Gleichheit notieren, sondern den Moment, wo man nicht mehr deutlich den Unterschied empfindet, und diese beiden Momente können von einander verschieden sein.

5. Die Methode der richtigen und falschen Fälle. Auf dem Gebiete des Raumsinnes der Haut ist diese Methode zuerst von VOLKMANN und VIERORDT angewandt worden, dann sind mit dieser

Methode zahlreiche Versuche von den Schülern VIERORDT's und von CAMERER ausgeführt worden. Die Deutung der Ergebnisse ist von VIERORDT, G. E. MÜLLER und FECHNER durchgeführt worden.

Die Methode beruht auf der Beobachtung, dass, wenn man mehrere Male die Haut mit derselben Distanz, die wenig von der Schwelle abweicht, berührt, die Versuchsperson in einigen Fällen zwei Punkte, in anderen einen Punkt empfindet; je grösser die Distanz der Punkte ist, desto mehr werden Antworten »zwei Spitzen« gegeben und umgekehrt.

Man wählt eine Anzahl von Distanzen, vier oder fünf etwa, und man berührt mit jeder die Haut hundert Mal[1]): man erhält für jede Distanz eine gewisse Anzahl von Antworten »zwei Spitzen« und eine Anzahl von anderen Antworten »eine Spitze« oder »unentschieden«. Ich nehme ein Beispiel aus CAMERER's Versuchen (Z. f. Biol. 1883 S. 291); es sind Versuche auf der Volarseite des Handgelenks und auf der Stirn; zwischen den Versuchen sind Pausen von 5 Minuten eingeschaltet, die Versuchsperson giebt die Antwort: »zwei Spitzen«, wenn sie sicher ist, zwei Spitzen zu fühlen, »mehr als eine Spitze«, wenn die beiden Spitzen undeutlich gefühlt werden, »eine Spitze«, wenn sie deutlich eine Spitze fühlt.

Auf dem Handgelenk sind je 100 Versuche für jede Distanz gemacht worden, auf der Stirn je 125, diese letzten sind auf 100 reduziert. Die Zahlen der verschiedenen Antworten sind folgende:

Handgelenk				Stirn			
Distanz	2 Spitzen	*m*	1 Spitze	Distanz	2 Spitzen	*m*	1 Spitze
1 mm	17	12	71	0,5 m	20	24	56
2 »	24	16	60	1 »	22,4	30,4	47,2
3 »	39	9	52	2 »	29,6	30,4	40
5 »	47	13	40	4 »	66,4	22,4	11,2
				6 »	76,8	14,4	8,8
				8 »	94,4	4	1,6

1) Es erhebt sich hier die Frage, ob man in einer Versuchsreihe nur eine Distanz brauchen muss oder mehrere, und im letzten Falle, in welcher Aufeinanderfolge man die Distanzen nehmen müsse. Da ich selbst keine Versuche mit dieser Methode aufgestellt habe, so lasse ich diese Frage dahingestellt.

Diese Zahlen sagen aber noch nichts über die Schwelle. Um irgend etwas aus ihnen über die Schwelle oder über das Verhältnis der Schwellen für beide Gegenden schliessen zu können, muss man Hypothesen machen; es sind solche Hypothesen von VIERORDT, G. E. MÜLLER und FECHNER gemacht worden.

Von diesen Autoren will nur G. E. MÜLLER ein Verfahren zur Bestimmung der absoluten Grösse der Schwelle angeben, die anderen wollen nur eine Methode zur Vergleichung der Feinheit des Raumsinnes auf mehreren Hautstellen oder auf einer Hautstelle bei verschiedenen Bedingungen geben.

6. VIERORDT geht von der Voraussetzung aus, dass das Verhältnis der Feinheit des Raumsinnes an zwei Hautstellen umgekehrt proportional ist dem Verhältnis der Spitzenabstände, die auf den beiden Hautstellen eine gleiche Zahl von Malen als zwei Spitzen gefühlt werden; z. B. wenn bei der Berührung einer Hautstelle mit einer Distanz von 10 mm bei 100 Versuchen 65 Mal zwei Punkte gefühlt werden und bei der Berührung einer anderen Hautstelle mit 4 mm auch 65 Mal zwei Punkte gefühlt werden, so verhalten sich nach der Hypothese von VIERORDT die Feinheiten des Raumsinnes auf beiden Hautstellen wie 4 zu 10. Es handelte sich also darum, solche Distanzen aufzufinden, die eine gleiche Zahl von Antworten »zwei Spitzen« auf den Hautstellen geben. Gewöhnlich gelingt es nicht, solche Distanzen direkt zu finden, man muss sie ausrechnen. VIERORDT verfährt mit Hülfe einer einfachen Interpolation. Ein Beispiel wird das Verfahren verständlicher machen. Wir haben in obiger Tabelle gesehen, dass auf dem Handgelenk bei der Distanz von 2 mm 24 Antworten »zwei Spitzen« gegeben wurden, wie gross muss auf der Stirn die Distanz sein, die auch 24 Antworten »zwei Spitzen« hervorruft?

Die obige Tabelle zeigt, dass für 1 mm 22,4 und für 2 mm 29,6 Antworten »2 Spitzen« gegeben wurden. Es sei x die Distanz, für die man 24 Antworten 2 Spitzen erhält; man hat dann $\frac{x-1}{2-1} = \frac{24-22{,}4}{29{,}6-22{,}4}$, also $x = 1{,}22$ mm. Das Verhältnis der Feinheiten des Raumsinnes an den beiden Stellen ist gleich $\frac{1{,}22}{2}$ oder 0,61.

Wenn man aber eine andere Zahl als 24 zum Vergleich erwählt, z. B. die Zahl 47, die auf dem Handgelenk bei 5 mm erhalten wird, so findet man, dass das Verhältnis ein anderes ist (0,59). Die Versuche haben also gezeigt, dass bei der Hypothese von VIERORDT das Verhältnis der Feinheiten des Raumsinnes von der dem Vergleiche zu Grunde gelegten Zahl den Antworten »2 Spitzen« abhängt; daraus schliesst man, dass entweder das Verfahren von VIERORDT nicht richtig ist, oder dass die Feinheit des Raumsinnes einer Hautstelle nicht eine konstante und bestimmte Grösse ist, sondern sich mit der Grösse der Spitzendistanz ändert. Der erste dieser Schlüsse ist von G. E. MÜLLER, der zweite von FECHNER gezogen worden.

7. Ich gehe zur Darstellung der Ausführungen dieser Autoren über. Die Entwicklung von G. E. MÜLLER ist eine rein theoretische und wurde durch die damals bekannten Thatsachen kontroliert. FECHNER schlug einen ganz entgegengesetzten Weg ein, seine Ausführungen sind rein empirisch. Es ist interessant, dass trotz dieser Verschiedenheit in der Methode die beiden Autoren zu einer sehr ähnlichen Formel gekommen sind. G. E. MÜLLER geht von mehreren Voraussetzungen aus:

a) Während einer Versuchsreihe ändert sich die Schwelle von einem Versuch zum anderen; Schwelle wird diejenige Distanz genannt, bei der die Versuchsperson zwei Punkte deutlich zu empfinden anfängt.

b) Es giebt eine mittlere Schwelle S, um die sich die Schwellenwerte der einzelnen Versuche nach dem GAUSS'schen Fehlergesetze gruppieren.

c) Auf einer Hautstelle ist bei sonst gleichen Bedingungen dieser mittlere Schwellenwert S und die Variation desselben unabhängig von der Grösse der Distanz D, mit der man die Haut berührt.

Auf Grund dieser Voraussetzungen kann man, unter Berücksichtigung des Umstandes, dass jedesmal, wenn die Distanz D grösser als die Schwelle ist, die Versuchsperson »zwei Spitzen« antwortet, leicht eine Formel aufstellen, die eine Relation zwischen der mittleren Schwelle S, der Distanz D und der Zahl der Antworten »2 Spitzen« darstellt. Bezeichnen wir durch r die Zahl der Antworten »2 Spitzen«, durch n die Zahl der Versuche, die Schwellenwerte in den einzelnen

Versuchen mit $S \pm \delta$, dann ist die Zahl r gleich der Zahl der Fälle, in denen $S \pm \delta$ kleiner als D, das heisst $D - S > \pm \delta$ ist. Nehmen wir an, dass $D > S$ ist, dann ist letztere Bedingung erstens in allen den Fällen erfüllt, in denen δ negativ ist. Da aber nach der Hypothese die Schwankungen der Schwelle dem GAUSS'schen Gesetze folgen, so ist diese Zahl der Hälfte aller Fälle gleich, also $= \frac{n}{2}$. Zweitens ist jene Bedingung erfüllt, wenn δ positiv, aber kleiner als $D - S$ ist. Die Zahl dieser Fälle ist bekanntlich gleich:

$$n \cdot \frac{h}{\sqrt{\pi}} \int_0^{D-S} e^{-h^2\delta^2}\, d\delta.$$

Schliesslich bekommt man also für das Verhältnis $\frac{r}{n}$ den Ausdruck:

$$\frac{r}{n} = \frac{1}{2} + \frac{h}{\sqrt{\pi}} \int_0^{D-S} e^{-h^2\delta^2}\, d\delta;$$

oder wenn man $h\delta = t$ setzt:

$$\frac{r}{n} = \frac{1}{2} + \frac{1}{\sqrt{\pi}} \int_0^{(D-S)h} e^{-t^2}\, dt. \qquad \text{(I).}$$

h ist in dieser Formel die sogenannte Präzisionskonstante.

Es bietet keine Schwierigkeit, in entsprechender Weise die Formel für den Fall $D < S$ zu bilden.

Man sieht aus der Formel (I), dass das Verhältnis $\frac{r}{n}$ nur von dem Produkte $h(D - S)$ abhängt. Man braucht auf einer Hautstelle die Versuche nur mit zwei verschiedenen Distanzen zu machen, um die Grösse von S und von h ausrechnen zu können, und auf Grund dieser Werte kann man für jede Distanz die Zahl der zu erwartenden Fälle r ausrechnen.

G. E. MÜLLER verglich die ausgerechneten Werte mit den von VIERORDT's Schülern experimentell erhaltenen und fand ein sehr befriedigendes Resultat.

8. Fechner hat die Formel von G. E. Müller einer Kritik unterworfen; er stützte sich dabei auf die Versuche von Camerer, welche nach dem Erscheinen der Arbeit von G. E. Müller angestellt wurden. Diese Kritik enthält einige schwache Punkte, auf die ich etwas näher eingehen will.

Camerer hat drei grosse Versuchsreihen an fünf Versuchspersonen durchgeführt. In der ersten Reihe wurde zwischen zwei Versuchen eine Zwischenzeit von 30 Minuten eingeschaltet, an einem Tage wurden 12 bis 14 Versuche mit einer und derselben Distanz gemacht. Diese Reihe (5800 Versuche) müsste nicht in Betracht gezogen werden, denn es ist zu vermuthen, dass die langen Pausen Unregelmässigkeiten in den Resultaten einführen müssen, wie die Versuche von Griessbach und Vannod (S. 33), über den Einfluss der geistigen Ermüdung auf den Raumsinn der Haut, gezeigt haben. In der zweiten Reihe machte Camerer die Versuche am Handgelenke alle 5 Minuten; an jedem Versuchstage (15 bis 17 Versuche) wurde wieder nur mit einer Distanz berührt. Da aber G. E. Müller in seiner Abhandlung ausdrücklich betont, dass die verschiedenen Spitzenabstände in buntem Wechsel zur Anwendung gebracht werden müssen (S. 222), so kann man diese Versuchsreihe auch nicht für die Kritik, bez. Prüfung, der Formel von G. E. Müller gebrauchen. In der dritten Reihe wurde zwar an jedem Versuchstage mit allen Spitzenabständen berührt; diese Reihe erstreckt sich aber auf eine Zeitdauer von etwa vier Monaten, die Einflüsse der Übung sind daher nicht ausgeschlossen, wie das von G. E. Müller verlangt wird (S. 222). Endlich sind in den Ausrechnungen von Fechner die Resultate aller Versuchspersonen zusammengelegt, was der Auseinandersetzung von G. E. Müller widerspricht: »Werden also Resultate, die an verschiedenen Hautgegenden von nicht ganz gleichem Ortssinne und Präzisionsmaasse, werden Resultate verschiedener Beobachter, werden endlich Resultate zusammengelegt, von denen die einen vor, die anderen nach vollendeter Übung erhalten wurden, so ist durchaus nicht mehr darauf zu rechnen, dass das Wahrscheinlichkeitsgesetz der Fehler $\pm \delta$ und $\pm \delta'$ mit dem Gauss'schen Gesetze annähernd übereinstimme« (S. 222).

Fechner suchte einen empirischen Ansatz, der den Versuchen von Camerer entspreche, und er kam zur Formel:

$$\frac{r}{n} = \frac{4}{\sqrt{\pi}} \int_0^{hD+k} e^{-t^2} \, dt - 1 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad \text{(II)}$$

$\frac{r}{n}$ ist also von dem Ausdrucke $hD + k$ abhängig, wo h und k zwei Konstanten sind, die für jede Hautstelle verschieden sind; man sieht, dass die beiden Formeln (I) und (II) einander ähnlich sind: in (I) hängt $\frac{r}{n}$ von $hD - hS$, in (II) von $hD + k$ ab.

Der prinzipielle Unterschied zwischen G. E. Müller und Fechner ist der, dass der erste den Konstanten besondere Bedeutung zuschreibt, der zweite diese Konstanten nur als charakteristisch für eine Hautstelle betrachtet und nicht von der absoluten Grösse der Schwelle spricht.

In der Formel von G. E. Müller bedeutet nämlich S die Schwelle und h das Präcisionsmaass, welches die Variabilität der Schwelle misst.

9. Beide Formeln zeigen, dass das Verhältnis der Distanzen D_1 und D_2, die auf zwei Hautstellen denselben Wert für $\frac{r}{n}$ geben, von der Grösse dieser Distanzen abhängt und also nicht konstant ist. In der That haben wir in diesem Falle für die beiden Hautstellen nach der Formel (I) $h_1(D_1 - S_1) = h_2(D_2 - S_2)$ zu setzen, daraus folgt, dass $\frac{D_1}{D_2} = \frac{h_2}{h_1} + \frac{h_1 S_1 - h_2 S_2}{h_1 D_2}$ ist. Man sieht, dass dieses Verhältnis gar nicht dem Verhältnis der Schwellen der beiden Hautstellen gleich ist. Die Formel (II) zeigt ebenso, dass das Verhältnis $\frac{D_1}{D_2}$ nicht konstant ist, man hat nämlich nach dieser Formel:

$$\frac{D_1}{D_2} = \frac{h_2}{h_1} + \frac{k_2 - k_1}{h_1 D_2}.$$

Fechner schliesst daraus, dass »das Empfindlichkeitsverhältnis zweier Hautstellen, in denen h und k verschieden sind, sich mit der Grösse von D ändern muss« (S. 185, Üb. M. d. R.).

Nach den Ausführungen von G. E. Müller wäre es möglich, dass, wenn man zwei Hautstellen A und B, von denen A eine

grössere Schwelle als B hat, mit derselben Distanz D berührt, man auf der empfindlicheren Stelle B weniger Antworten »2 Spitzen«, als auf der Stelle A bekommen könnte; es scheint aber, wie schon FECHNER bemerkt hat, ein paradoxer Schluss zu sein. Es seien S_2 und h_2 die Schwelle und das Präzisionsmaass für die Hautstelle A S_1, h_1 diejenigen für B. Wir setzen voraus, dass $S_2 > S_1$ ist. Wenn man beide Hautstellen mit einer Distanz D, die wir grösser als S_2 nehmen, berührt, so sind die Zahlen der Antworten »2 Spitzen« für beide Hautstellen folgende:

$$\frac{r_1}{n} = \frac{1}{2} + \frac{1}{\sqrt{\pi}} \int\limits_0^{(D-S_1)h_1} e^{-t^2}\, dt, \quad \frac{r_2}{n} = \frac{1}{2} + \frac{1}{\sqrt{\pi}} \int\limits_0^{(D-S_2)h_2} e^{-t^2}\, dt.$$

Suchen wir die Bedingung auf, dass $\frac{r_2}{n}$ grösser als $\frac{r_1}{n}$ sei, d. h. dass man auf der weniger empfindlichen Stelle mehr Antworten »2 Spitzen« erhalte, als auf der empfindlicheren.

Diese Bedingung wird erfüllt, wenn $(D - S_2)h_2 > (D - S_1)h_1$ ist. Wenn h_2 kleiner oder gleich an h_1 ist, so kann die vorige Bedingung nicht erfüllt werden; man muss aber annehmen, dass im allgemeinen einer grösseren Schwelle auch eine grössere Variabilität derselben korrespondiert, d. h. dass $h_2 < h_1$ ist; es kann also im allgemeinen der paradoxe Fall nicht eintreten.

Setzen wir $S_2 = S_1 + \varepsilon$ und $h_2 = h_1 + \alpha$, wo ε und α kleine positive Werte sind, so nimmt die vorstehende Ungleichheit folgende Form an: $D - S_2 > \frac{\varepsilon}{\alpha} h_1$.

Andererseits müssen aber die Differenzen $D - S_2$ und $D - S_1$ klein sein infolge der allgemeinen Regel für die Distanzen, mit denen man nach der M. d. r. u. f. F. berühren muss (S. 26). Der paradoxe Fall kann also nur auf zwei Hautstellen vorkommen, auf denen die Schwellen wenig von einander abweichen. Dieser Fall tritt z. B. für die Versuchsreihen II und III von KOTTENKAMP und ULLRICH ein (Tabelle III von G. E. MÜLLER). Wir haben nämlich hier $S_2 = 15{,}097$; $h_2 = 0{,}276$; $S_1 = 14{,}956$; $h_1 = 0{,}239$. Man sieht, dass, wenn man beide Hautstellen mit einer Distanz berührt, die grösser als 16 ist,

man auf der weniger empfindlichen Hautstelle mehr Antworten »2 Spitzen«, als auf der empfindlicheren erhalten wird. —

10. Man könnte sich fragen, ob nicht vielleicht die Divergenz zwischen dem Verhältnis der Distanzen D_1 und D_2, die auf zwei Hautstellen gleiche $\frac{r}{n}$ geben, und dem Verhältnis der Schwellen S_1 und S_2 ihren Grund in der Anwendung des GAUSS'schen Fehlergesetzes findet; d. h. es fragt sich, ob diese Divergenz bei Annahme eines anderen Fehlergesetzes auch bestehen würde? Es ist leicht zu sehen, dass nur in einem Falle dieses möglich wäre, nämlich, wenn das Gesetz für $\frac{r}{n}$ die Form hätte: $\frac{r}{n} = \log \frac{D}{S}$, d. h. die Wahrscheinlichkeit, dass die Schwelle in einem Versuch gleich a wäre, muss gleich $\frac{1}{a}$ sein; dies ist aber unmöglich anzunehmen; denn alsdann wäre der kleinste Wert der Schwelle auch der wahrscheinlichste. Ich gebe hier den Beweis.

Nehmen wir an, dass auf der ersten Hautstelle die wahrscheinlichste Grösse der Schwelle gleich $OS = S$, auf der zweiten Hautstelle gleich $O_1 S_1 = S_1$ sei. Es seien SC und $S_1 C_1$ die Wahrscheinlichkeiten, dass in den Versuchen die Schwellen gleich S und S_1 seien. Von den verschiedenen Werten, welche die Schwelle in zufällig wechselnder Weise auf der Hautstelle annehmen kann, sei $OA = a$ der kleinste Wert. Ebenso sei $O_1 A_1 = a_1$ der kleinste Wert, den die Schwelle auf der zweiten Hautstelle annehmen kann. $OD = D$ und $O_1 D_1 = D_1$ sind die Distanzen der Spitzen, mit denen man die Haut berührt. Man wird die Antwort »zwei Spitzen« in allen den Fällen erhalten, in denen die Schwelle kleiner als OD bez. $O_1 D_1$ ist, und wenn wir die Wahrscheinlichkeitskurven für beide Hautstellen konstruieren, so ist leicht einzusehen, dass die Zahl r proportional der Fläche $A\ C\ B\ D\ S$ und die Zahl r_1 proportional der Fläche $A_1\ C_1\ B_1\ D_1\ S_1$ ist.

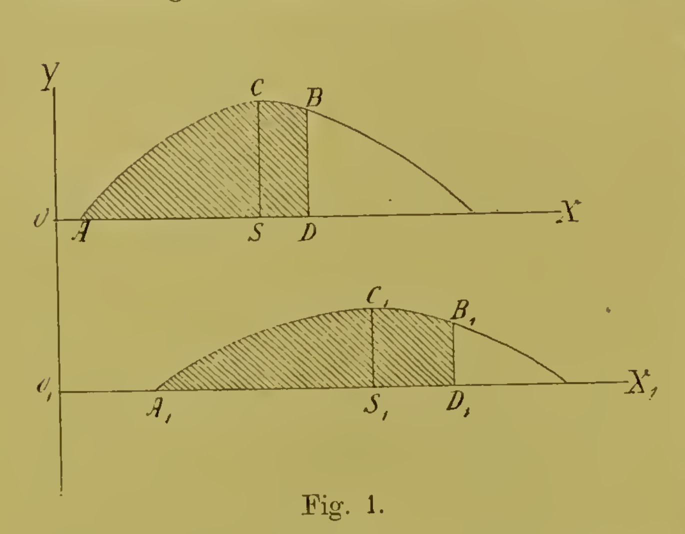


Fig. 1.

Wir nehmen an, dass die Zahlen der Antworten »2 Spitzen« für die Distanzen D und D_1 auf beiden Hautstellen gleich sind, d. h. $r = r_1$ (ange-

nommen, dass in jedem Falle eine gleiche Zahl n von Versuchen gemacht wird). Alsdann folgt, dass die beiden schraffierten Flächen gleich sind. Es sei noch y die Wahrscheinlichkeit einer Schwelle x auf der Hautstelle I, und y_1 die Wahrscheinlichkeit einer Schwelle x_1 auf der Hautstelle II. Alsdann kann man setzen:

$$y = f(x)$$
$$y_1 = f_1(x_1),$$

wo f und f_1 zu bestimmende Funktionen sind.

Es fragt sich nun, welcher Art die Funktionen f und f_1 sein müssen, damit das Verhältnis $\frac{D}{D_1}$ gleich dem Verhältnis der Schwellen $\frac{S}{S_1}$ sei.

Wir setzen $\frac{D}{D_1} = \frac{S}{S_1}$. Wenn D gleich a und D_1 gleich a_1 ist, so wird man keine Antwort »zwei Spitzen« erhalten, es muss daher $\frac{a}{a_1} = \frac{S}{S_1}$ sein, also $\frac{D}{D_1} = \frac{a}{a_1}$, oder $D = ka$, $D_1 = ka_1$, wo k eine Konstante ist.

Nun ist die Fläche $ABCDS$ gleich $\int_a^D f(x)\,dx$, und die Fläche $A_1 B_1 C_1 D_1 S_1$ gleich $\int_{a_1}^{D_1} f_1(x)\,dx$; diese beiden Flächen sind gleich, denn $r = r_1$.

Wir haben also:

$$\int_a^D f(x)\,dx = \int_{a_1}^{D_1} f_1(x)\,dx;$$

oder, wenn man statt D_1 und D ka_1 und ka einsetzt:

$$\int_a^{ka} f(x)\,dx = \int_{a_1}^{ka_1} f_1(x)\,dx.$$

Diese Gleichung genügt vollständig, um die Funktionen f und f_1 eindeutig zu bestimmen. In der That, es sei $F(x)$ das Integral von $f(x)$ und $F_1(x)$ das Integral von $f_1(x)$. Vorstehende Gleichung lautet dann:

$$F(ka) - F(a) = F_1(ka_1) - F_1(a_1)$$

Wenn wir a_1 konstant lassen und a variieren, so ist $F(ka) - F(a)$ gleich einer Konstanten, ebenso ist auch $F_1(ka_1) - F_1(a_1)$ gleich einer Konstanten; man hat also: $F(ka) - F(a) = C$, wo C eine Konstante ist. Es giebt aber nur eine Funktion F, die dieser Funktionalgleichung entspricht, es ist der Logarithmus.

Es ist also $F(ka) = \log ka$, daher ist die Funktion $f(x) = \frac{1}{x}$ und ebenso $f_1(x) = \frac{1}{x}$.

Die Wahrscheinlichkeitskurve $y = \frac{1}{x}$ ist also eine Hyperbel (Fig. 2), und der wahrscheinlichste Wert der Schwelle ist ihr kleinster Wert, also $a = S$. $a_1 = S_1$ und $D = kS$, $D_1 = kS_1$, also $k = \frac{D}{S} = \frac{D_1}{S_1}$. Mithin ist das Verhältnis

$$\frac{r}{n} = \log k = \log \frac{D}{S}.$$

Wir haben in diesem Beweise angenommen, dass die Funktionen f und f_1 nur von x bezw. x_1 abhängen. Man erhält aber dasselbe Resultat, wenn man annimmt, dass diese Funktionen auch von D bezw. D_1 abhängen, d. h. wenn man annimmt, dass die Variation der Schwelle von einem Versuch zum andern von der Grösse der angewandten Distanz abhängt. Man ist also hier nicht genötigt, die dritte Voraussetzung von G. E. Müller (S. 15) zu machen.

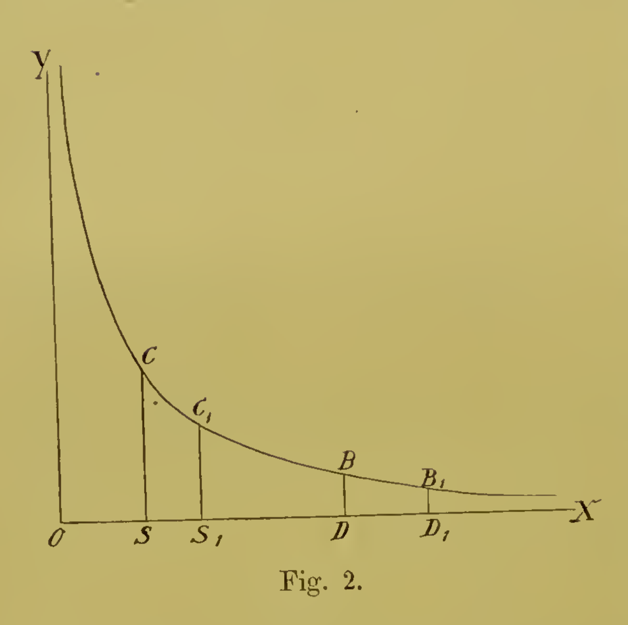


Fig. 2.

Die vorstehende Auseinandersetzung kann sehr leicht auf andere Gebiete, wie Unterschiedsschwelle bei Gewichtsvergleichung etc., übertragen werden. Die Annahme einer Hyperbel als Wahrscheinlichkeitskurve widerspricht allen Beobachtungen; daher kann man behaupten, dass in keinem Falle das Verhältniss $\frac{D}{D_1}$ (unter Voraussetzung von $r = r_1$) gleich dem Verhältnisse $\frac{S}{S_1}$ zu setzen ist, ausser wenn $D = S$ und $D_1 = S_1$ sind.

Es kann also der Schluss von G. E. Müller in folgender Weise verallgemeinert werden:

Unter der Voraussetzung, 1. dass es für jede Hautstelle nur eine von der Grösse der Distanz D unabhängige Schwelle giebt, 2. dass diese Schwelle von einem Versuch zum anderen variieren kann, 3. dass die Versuchsperson jedes Mal, wenn die Schwelle kleiner als D ist, »zwei Spitzen« antwortet, kann man behaupten, dass das Verhältnis zweier Distanzen D_1 und D_2, welche auf zwei Hautstellen gleiche Zahl von Antworten »zwei Spitzen« hervorrufen, verschieden von dem

Verhältnisse der mittleren Schwellen S_1 und S_2 ist. Die Voraussetzung von VIERORDT (S. 14) kann also nicht verteidigt werden.

Diese Fassung setzt nicht voraus, dass die Variation der Schwelle von einem Versuche zum anderen eine rein zufällige ist. Bei G. E. MÜLLER wird dagegen darauf ein grosses Gewicht gelegt, dass die Variation der Schwelle eine zufällige ist, dass sie von der Grösse der Distanz D unabhängig ist und endlich, dass sie dem GAUSS'schen Gesetze folgt.

11. Es kann also als bewiesen betrachtet werden, dass, wenn man die Schwellen zweier Hautstellen vergleichen will, man nicht die Distanzen nehmen muss, die auf den Hautstellen eine gleiche Zahl von Antworten »zwei Spitzen« ergeben. Wie man aber verfahren muss, ist eine viel kompliziertere Frage, denn sie fordert eine bestimmte Relation zwischen S, D und r. Welcher Form diese Relation sein muss, kann ich beim jetzigen Stande unserer Kenntnisse nicht entscheiden; es müssen noch neue Versuche darüber gemacht werden; bis dahin glaube ich nicht, dass die Methode d. r. u. f. F. mit genügender Sicherheit zur Bestimmung der Schwelle des Raumsinnes der Haut gebraucht werden kann.

Es giebt aber eine andere Frage, die wohl mit der Methode d. r. u. f. F. jetzt entschieden werden kann, es ist die Bestimmung der äquivalenten Distanzen für zwei oder mehrere Hautstellen. Ich bezeichne mit diesem Namen diejenigen Distanzen, die auf beiden Hautstellen gleiche Zahlen von Antworten »zwei Spitzen« ergeben; z. B. wenn auf der Stirn eine Berührung mit einer Distanz von 4 mm in 100 Fällen 65 Mal als eine Berührung mit zwei Spitzen gefühlt wird, und auf der Lippe die Distanz 2 mm auch 65 Mal das Urteil zwei Spitzen ergiebt, so sind 2 mm auf der Lippe der Distanz von 4 mm auf der Stirn äquivalent. Dieser Begriff der äquivalenten Distanzen scheint mir praktisch eine grössere Bedeutung zu haben, als der Begriff der Schwelle, denn wir haben im täglichen Leben mehr mit äquivalenten Distanzen zu thun, als mit Schwellendistanzen: wenn wir z. B. irgend eine Schrift oder irgend ein Modell für einen Blinden machen, so müssen wir nicht die Grösse der Schwelle kennen, sondern die Grösse derjenigen Spitzendistanzen, die von ihm in der Mehrzahl der Fälle als doppelt gefühlt werden, d. h.

die Grössen der äquivalenten Distanzen. Wir sind ja gewöhnt, im Leben über die Empfindlichkeit für irgend einen Eindruck nach der Leichtigkeit, mit der wir diesen Eindruck wahrnehmen, zu urteilen, und diese Leichtigkeit geht parallel mit der Zahl der Fälle, in denen wir bei sonst gleichen Bedingungen den Eindruck wahrnehmen.

Man muss aber bei der Bestimmung der äquivalenten Distanzen immer ein und dasselbe Verhältnis $\frac{r}{n}$ wählen; es würde sich z. B. empfehlen, die Distanzen zu bestimmen, die in etwa 50 % als zwei Spitzen empfunden werden, und für die praktische Bestimmung dieser Distanzen genügt vollständig die Methode von VIERORDT (S. 14). So wird man sich mit solchen Bestimmungen begnügen können, wenn es sich z. B. um die Veränderungen der Empfindlichkeit der Haut bei verschiedenen Bedingungen handelt. Es müssen aber nur solche Unterschiede in Betracht gezogen werden, die eine gewisse Grösse übersteigen.

12. Eine dritte Methode, welche auch besonders von FECHNER für die Vergleichung der Feinheit des Raumsinnes zweier Hautstellen empfohlen worden ist, ist die Methode der Äquivalente. CAMERER hat nach derselben eine grosse Zahl von Versuchen angestellt. Die Methode besteht darin, dass man für zwei Hautstellen A und B diejenigen Distanzen D_1 und D_2 bestimmt, die dem Subjekte gleich gross erscheinen. Diese Methode ist, glaube ich, ungeeignet, die Schwellen zweier Hautstellen zu vergleichen, denn sie enthält einen neuen, sehr komplizierten Faktor, es ist das Urteil über die Grösse der Distanz. Wir werden diese Methode und deren Resultate in dem Paragraph 4 näher besprechen (S. 59).

§ 2. Resultate der Untersuchungen über die Schwelle.

1. Die Mehrzahl der Versuche ist über die Schwelle bei Berührung der Haut mit zwei Spitzen gemacht worden; E. H. WEBER hat im Jahre 1829 Versuche mit dem Resultate veröffentlicht, dass bei Berührung einer Hautstelle mit zwei Spitzen diese Spitzen einen gewissen Abstand haben müssen, damit man zwei Punkte empfindet, und dass dieser »minimale Abstand« auf verschiedenen Hautstellen verschieden gross ist: »Variae partes organi tactus virtute duo

corpora, a quibus uno eodemque tempore adtinguntur, distincte sentiendi non eodem gradu pollent.« (Annotat. physiol. S. 47.)

Nach WEBER sind die Versuche von vielen Autoren wiederholt worden, man hat die Schwellenwerte auf verschiedenen Hautstellen, unter normalen Bedingungen, bei verschiedenem Druck, beim gleichzeitigen oder ungleichzeitigen Aufsetzen der Spitzen bestimmt. Dann hat man den Einfluss von verschiedenen künstlichen Bedingungen, wie Kälte, Wärme, Anämie, Hyperämie, Reizung der Haut, äusserlich und innerlich applizierten Medikamenten, untersucht. Endlich wurde auch die Bestimmung der Schwellenwerte als diagnostisches Mittel in pathologischen Fällen angewandt. Die Untersuchungen über die Wahrnehmung von Linien, Formen und Bewegungen sind in viel geringerer Zahl gemacht worden. Wir werden die Resultate aller dieser Bestimmungen zusammenzufassen versuchen.

2. Berührung mit zwei Spitzen gleichzeitig. Das erste schon oben erwähnte Resultat besteht darin, dass die Schwelle auf verschiedenen Hautstellen verschieden ist. Sie ist am kleinsten auf der Zungenspitze, an den Lippen und an der dritten Phalanx des Zeigefingers; am grössten ist sie am Rücken, am Oberschenkel und am Oberarme. Die Werte der Schwellen sind folgende[1]:

Zungenspitze	1,1 mm
Volarseite des letzten Fingergliedes	2,2 »
Roter Teil der Lippen	4,5 »
Volarseite des zweiten Fingergliedes	4,5 »
Dorsalseite des dritten Gliedes der Finger	6,7 »
Nasenspitze	6,7 »
Volarseite der Capitula ossium metacarpi	6,7 »
Mittellinie des Zungenrückens, 2 cm von der Spitze	9,0 »
Rand der Zunge	9,0 »
Nicht roter Teil der Lippen	9,0 »
Metacarpus des Daumens	9,0 »
Plantarseite des letzten Gliedes der grossen Zehe	11,2 mm
Rückenseite des zweiten Gliedes der Finger	11,2 »
Backen	11,2 »
Äussere Oberfläche des Augenlides	11,2 »
Mitte des harten Gaumens	13,5 »
Haut auf dem vorderen Teile des Jochbeines	15,7 »
Plantarseite des Mittelfussknochens der grossen Zehe	15,7 »
Rückenseite des ersten Gliedes der Finger	15,7 »
Rückenseite der Capitula ossium metacarpi	18,0 »

1) Diese Zahlen sind aus der Arbeit von E. H. WEBER (Wagner's Handwörterbuch, S. 539) genommen. Ich bemerke aber, dass die individuellen Verschiedenheiten gross sind, wie schon VALENTIN (Physiologie) gefunden hat.

Innere Oberfläche der Lippen nahe am Zahnfleisch	20,3 mm
Haut auf dem hinteren Teile des Jochbeines	22,5 »
Unterer Teil der Stirn	22,5 »
Hinterer Teil der Ferse	22,5 »
Behaarter unterer Teil des Hinterhauptes	27,0 »
Rücken der Hand	31,5 »
Hals unter der Kinnlade	33,7 »
Scheitel	33,7 »
Kniescheibe u. ihre Umgebung	36,0 »
Kreuzbein	40,5 »
Glutaeus	40,5 »
Oberer und unterer Teil des Unterarmes	40,5 »
Oberer und unterer Teil des Unterschenkels	40,5 mm
Rücken des Fusses in der Nähe der Zehen	40,5 »
Brustbein	45,4 »
Rückgrat am Nacken unter dem Hinterhaupte	54,1 »
Rückgrat in der Gegend der fünf oberen Brustwirbel	54,1 »
Rückgrat in der Lenden- und oberen Brustgegend	54,1 »
Rückgrat an der Mitte des Halses	67,6 »
Mitte des Oberarms und des Oberschenkels	67,6 »

Es sind in allen diesen Fällen die Spitzen in der Längsrichtung der untersuchten Körperteile gestellt worden. Wenn man dagegen die Spitzen quer zu den Gliedern aufstellt, so erhält man kleinere Werte, wie schon Weber gezeigt hat.

3. Vierordt (156) hat die Werte der Schwellen mit der Beweglichkeit der Hautstellen verglichen und ist zu einem allgemeinen Gesetze gekommen: Je grösser die Beweglichkeit einer Hautstelle ist, desto kleiner ist die Schwelle an dieser Hautstelle.

Die Figur 3 veranschaulicht dieses Gesetz: Es sind als Ordinaten die Schwellenwerte verschiedener Teile des Armes und der Hand

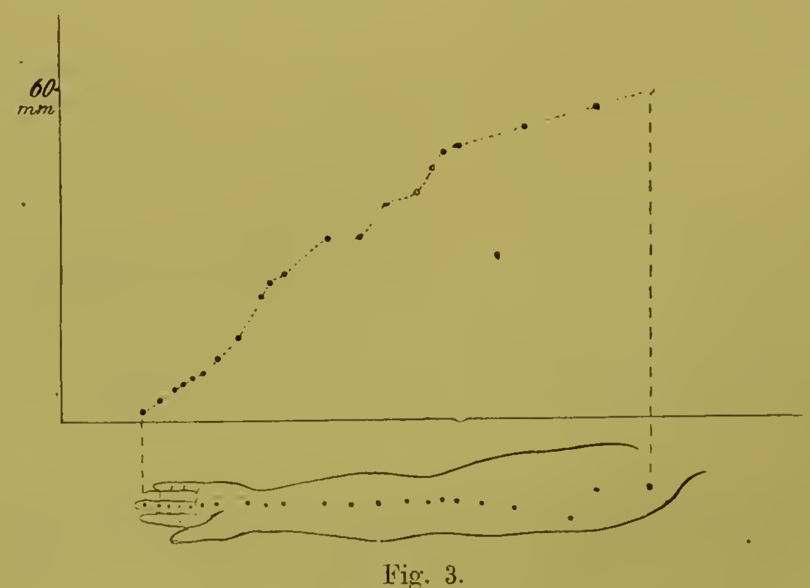


Fig. 3.

aufgetragen, unter der Curve sind auf einer schematischen Zeichnung des Armes die korrespondierenden Punkte angegeben. VIERORDT hat auch den Versuch gemacht, die Abhängigkeit der Feinheit des Raumsinnes von der Beweglichkeit der Hautstelle genauer zu bestimmen, und so stellte er folgende Regel auf: »Die vergleichbaren Werte der Feinheit des Raumsinnes innerhalb des Bereiches einer Hautabteilung sind jeweils die Summen zweier Grössen: einer Konstanten (*c*) und einer Variabelen (*v*). Der sämtlichen Stellen gemeinsame Wert (*c*) tritt rein hervor in dem Empfindlichkeitsmaass der Haut unmittelbar an der Gelenkaxe: die variabelen Werte (*v*) dagegen verhalten sich einfach proportional den Abständen der Hautstellen von dem Gelenk, also auch den Bewegungsgrössen der Hautstellen bei der Rotation des Gliedes um das ihm eigentümliche Gelenk.« Und weiter: »Die Werte von *v* sind absolut und relativ am geringsten am Oberarm, am grössten an den Fingern. In gleichen Abständen von den zugehörigen Gelenkaxen verhalten sich die Empfindlichkeitszuwüchse am Oberarm, Vorderarm, der Hand und den Fingern wie 1:3,5:29:16.« (VIERORDT, Zeit. f. Biol. 1870 S. 67.) Dieses Gesetz von VIERORDT kann allerdings nur als ein angenähertes betrachtet werden.

4. Man hat das Gesetz einer Prüfung unterworfen, indem man untersucht hat, ob die Feinheit des Raumsinnes verändert wird, wenn ein Glied längere Zeit hindurch unbeweglich gehalten wird; so hat E. SCHIMPF (131) gefunden, dass die Schwelle auf dem linken Knie und Unterschenkel bei einem Individuum, das wegen Ankylose des linken Knies 20 Jahre das Knie nicht bewegen konnte, grösser war, als auf den korrespondierenden Stellen des rechten Beines. Ebenso fand auch KROHN (86) bei einer Person, die wegen Fraktur des linken Vorderarmes 3 Monate lang den linken Arm unbeweglich halten musste, dass die Schwelle auf dem linken Vorderarme grösser, als auf dem gesunden rechten war; so war z. B. die Schwelle an einer Stelle des Vorderarmes links 55 mm, rechts 20 mm, an einer anderen Stelle links 75 mm, rechts 17 mm.

5. Diese Resultate legen die Vermutung nahe, dass die Übung auf die Grösse der Schwelle einen Einfluss habe. Schon bei CZERMAK im Jahre 1855 findet man allgemeine Betrachtungen über die

Bedeutung der Übung für die Feinheit des Raumsinnes der Haut, die sich auf Versuche mit Blinden stützen. Der Einfluss der Übung wurde experimentell zuerst von Volkmann (162) und Fechner im Jahre 1858 untersucht; dann haben Vierordt und seine Schüler einige Bemerkungen über den Einfluss der Übung gemacht, Camerer (19 u. 20) giebt nähere Angaben über diese Frage, ebenso hat Klinkenberg (80) den Einfluss der Übung untersucht, und endlich sind von Dresslar (31) 1894 viele systematische Versuche darüber angestellt worden[1]. Alle diese Autoren finden einen bedeutenden Einfluss der Übung, der wieder verloren geht, wenn man mit den Versuchen aufhört.

6. Volkmann und Fechner benützten folgende sechs Stellen des linken Armes: 1°. Dritte Phalanx des Zeigefingers, Volarseite; 2°. dieselbe von der Dorsalseite; 3°. die Mitte des Handtellers; 4°. die Mitte des Rückens der Hand; 5°. die Mitte des Unterarmes, Volarseite; 6°. dieselbe von der Dorsalseite. Es wurde sowohl eine der Methode der Minimaländerungen ähnliche Methode, wie die der richtigen und falschen Fälle angewandt. Man bestimmte die Schwelle mit der ersten Methode successiv an den Hautstellen 1, 2, 3, 4, 5, 6; dann an denselben Hautstellen, aber in umgekehrter Ordnung 6, 5, 4, 3, 2, 1, dann wieder in der ersten Ordnung und so weiter zwei Stunden lang; man erhielt so für jede Hautstelle eine Reihe von Bestimmungen. Es stellte sich heraus, dass die Schwellen aller untersuchten Hautstellen mit zunehmender Übung abnehmen. Die folgende Tabelle enthält die Resultate eines Versuchstages, es wurden im Ganzen 13 Mal die Schwellen für jede Hautstelle bestimmt; als Längeneinheit ist eine Pariser Linie (= 2,25 mm) genommen. Ganz ähnliche Resultate wurden mit der Methode der richtigen und falschen Fälle erhalten.

Wenn man die Zahlen etwas näher betrachtet, so sieht man, dass der Einfluss der Übung am Anfang viel bedeutender, als am Ende ist; dann scheint es, dass der Einfluss der Übung um so grösser ist, je grösser die Schwelle auf der Hautstelle ist.

---

1) Diese Arbeit war schon beendigt, als die Untersuchung von Tawney (149) über den Einfluss der Übung erschien; deswegen habe ich sie nicht ausführlich besprochen.

Reihe	3. Phal. d. Index		Hand		Vorderarm	
	Volarseite	Dorsals.	Volarseite	Dorsals.	Volarseite	Dorsals.
I	1	4	8	7,7	14,1	14,2
II	1	3,2	7,5	8,2	13,8	11,2
III	1	2,5	5,9	7,8	13,3	11,7
IV	0,8	2	3,6	6,8	13	11,1
V	0,8	1,8	3,2	3,7	7	5,5
VI	0,7	1,5	2,5	3,2	6,5	5
VII	0,6	1,5	2,5	3,1	6	4,8
VIII	0,6	1,4	2,1	2,4	5,6	4,9
IX	0,6	1,4	2	2,3	6	5,6
X	0,6	1,4	2,1	2,5	6,6	5,3
XI	0,7	1,4	2	2,3	2	5
XII	0,6	1,5	2	2,4	6	4,8
XIII	0,6	1,4	2,2	2,5	6,2	5

Volkmann untersuchte auch, ob bei der Übung einer Hautstelle auch die Schwelle der symmetrischen und anderer Stellen verändert werde; er fand, dass auf der symmetrischen Hautstelle die Schwelle ebenso wie auf der eingeübten verkleinert wird, dagegen auf anderen Hautstellen eine Verkleinerung selten eintritt. Ich gebe wieder einige Zahlen. Es wurden zuerst die Schwellen auf dem linken und rechten Arme bestimmt, dann wurden drei Bestimmungen am linken Arme gemacht und wieder die Schwelle rechts bestimmt. Wenn man die Reihen II und VI mit einander vergleicht, so sieht man, dass die Werte von VI alle kleiner, als die von II sind.

Reihe	3. Phal. d. Index		Hand		Vorderarm		
	Volarseite	Dorsals.	Volarseite	Dorsals.	Volarseite	Dorsals.	
I	0,75	1,9	4,6	5,4	14	10,5	links
II	0,85	2,15	4,8	5,85	14,5	11,5	rechts
III	0,65	1,65	4,0	4,35	11,5	8	links
IV	0,55	1,2	2,85	4,05	8,5	6	links
V	0,45	0,95	2,15	3,1	7,25	5	links
VI	0,40	1,05	2,05	3,2	8,25	7	rechts

In einer weiteren Reihe wurden an drei Fingern (Index, Medius, Ringfinger) die dritten Phalangen eingeübt, und an denselben Fingern die Schwellen auf den ersten Phalangen vor und nach der Einübung bestimmt; man sieht aus der folgenden Tabelle, dass die Schwelle auch auf den nicht eingeübten Stellen verkleinert wird.

Reihe	Index		Medius		Annularis		5. Finger
	3. Phal.	1. Phal.	3. Phal.	1. Phal.	3. Phal.	1. Phal.	1. Phal.
I	0,8	1,85	0,7	1,7	0,75	1,9	1,0
II	0,8	—	0,65	—	0,7	—	—
III	0,65	—	0,55	—	0,55	—	—
IV	0,55	—	0,45	—	0,45	—	—
V	0,45	—	0,35	—	0,35	—	—
VI	0,35	0,95	0,25	0,8	0,25	1,1	0,55

Die Zahlen der vorigen Tabelle beziehen sich wieder auf Linien (= 2,25 mm).

7. In den Versuchen von VOLKMANN dauerte die Übung höchstens zwei Stunden; es ist interessant zu sehen, welchen Einfluss dieselbe bei längerer Dauer der Versuche hat. Über diesen Punkt geben die Versuche von DRESSLAR (31) Auskunft; er experimentierte mit zwei Personen jeden Abend und Morgen vier Wochen hindurch, die gewählte Hautstelle war die Mitte der Volarseite des Vorderarmes. Das Resultat ist dasselbe: die Verminderung der Schwelle ist um so ausgeprägter, je länger die Übung dauert. Beispiel:

Datum der Versuche	1. Versuchsperson		2. Versuchsperson	
	Morgen	Abend	Morgen	Abend
11. Oktober	22 mm	24 mm	29 mm	26 mm
1 Woche Übung	18 »	19,5 »	21,5 »	16,6 »
2 Wochen »	13 »	12,5 »	10 »	10,5 »
3 » »	5,5 »	6 »	5,5 »	6,1 »
4 » »	4,1 »	4,1 »	2,8 »	2,3 »

Dresslar hat auch Versuche auf der symmetrischen Hautstelle gemacht und er ist zum Resultat gekommen, dass auf der symmetrischen Hautstelle der Einfluss der Übung sich fast ebenso stark geltend macht, wie auf der geübten Stelle.

Ich gebe ein Beispiel:

Datum	1. Versuchsperson		2. Versuchsperson	
	links	rechts	links	rechts
10. Oktober	21 mm	21 mm	33 mm	33 mm
1 Monat Übung, links	—	—	—	—
10. November	5 mm	5 mm	2 mm	5 mm

Endlich hat Dresslar auch die Abnahme des Übungseinflusses genau verfolgt; nach einem Monat ungefähr besass die Schwelle fast wieder dieselbe Grösse, wie vor den Übungsversuchen.

8. Wie ist dieser Einfluss der Übung zu erklären? Czermak zog aus der Thatsache, dass bei den Blinden die Schwelle des Raumsinnes auf dem ganzen Körper kleiner, als bei den Sehenden ist, den Schluss, dass die Übung einiger Hautstellen eine Verfeinerung des Raumsinnes auf dem ganzen Körper bewirkt; daher führt er den Einfluss der Übung auf centrale Ursachen zurück. Dieselbe Theorie ist dann von einigen anderen Autoren angenommen worden, so von Goldscheider, Griessbach u. A.

Volkmann, Funke, Dresslar und einige andere suchten den Einfluss der Übung durch periphere, rein physiologische Ursachen zu erklären, sie stützten sich hauptsächlich auf die Veränderung der Schwelle auf der symmetrischen Stelle. Die Frage kann noch nicht als abgeschlossen betrachtet werden, es fehlen noch eingehendere und systematische Versuche, die man, wie ich glaube, leicht durchführen könnte. Man hat nämlich bis jetzt einige Hautstellen dadurch einzuüben versucht, dass man auf ihnen die Schwellenbestimmungen machte, d. h. sie mit verschiedenen kleinen und grossen Distanzen berührte. Dazu ist zu bemerken, dass keine Selbstbeobachtungen angegeben worden sind. Es wäre aber wichtig zu wissen, ob die Versuchsperson selbst eine Veränderung in der Empfindlichkeit merkt,

und worin die Veränderung besteht. Ich glaube, dass Beobachtungen dieser Art manchmal viel instruktiver sind, als Tausende von Zahlen.

Man müsste Versuche an Hautstellen, an denen die Qualität der Empfindung eine »charakteristische« ist, anstellen, z. B. an Hautstellen über einem Knochen (Metacarpalkopf, Handknöchel, Clavicula etc.) oder an Hautstellen über Weichteilen, wo die Haut eine gewisse Dicke hat (Daumenballen Volarseite, Fuss Plantarseite etc.). Man müsste eine von den Stellen einüben, z. B. eine mit Knochenunterlage, und untersuchen, ob diese Einübung auf die Schwellen der anderen Stellen einwirkt. Dabei müsste man darauf achten, ob sich der Einfluss der Übung auf den Stellen mit gleicher Empfindungsqualität grösser zeigt als auf den Stellen mit verschiedener Empfindungsqualität.

Es ist z. B. die Empfindung bei der Berührung des Metacarpalkopfes qualitativ sehr ähnlich der Empfindung bei der Berührung der Clavicula und qualitativ sehr verschieden von der Berührung des Daumenballens, Volarseite. Man müsste also die Haut auf dem Metacarpalkopfe üben, und wenn man dann fände, dass hierdurch die Schwelle auf der Clavicula mehr beeinflusst wird, als auf dem Daumenballen, so könnte man wohl die Vermutung aufstellen, dass die Übung in der Gewöhnung des Subjektes besteht, gewisse Empfindungen besser zu analysieren als andere, welche nicht eingeübt sind. Die Art der Einübung müsste auch variiert werden. Zuerst würde man etwa bloss mit grossen Distanzen die Haut berühren, so dass die Versuchsperson immer deutlich zwei Punkte empfindet, und man könnte hierbei sogar das wissentliche Verfahren anwenden. Bei einer anderen Versuchsreihe würde man dagegen nur mit möglichst kleinen Distanzen die Haut berühren, so dass die Versuchsperson nur bei grösster Spannung der Aufmerksamkeit zwei Spitzen empfindet. Endlich in einer dritten Reihe würde man mit den verschiedensten Distanzen berühren und nach jeder Angabe der Versuchsperson derselben die wirkliche Distanz sagen. Der Einfluss dieser verschiedenen Arten der Einübung muss verschieden sein, denn im ersten Falle wird sich zwar die Versuchsperson daran gewöhnen, grössere Distanzen gut zu erkennen, aber für die kleinen, kaum merkbaren Distanzen (mit denen man bei der Schwellenbestimmung zu thun hat) wird die

Einübung nicht so gut sein, wie nach der zweiten oder dritten Reihe. Es ist, glaube ich, durch solche Versuche nicht nur zu entscheiden, worin der Einfluss der Übung besteht, sondern diese Versuche können auch überhaupt Licht auf den Vorgang bei der Empfindung zweier Punkte werfen [1]).

Einige Versuche, die mir von Dr. Tawney mitgeteilt worden sind, sprechen dafür, dass der Einfluss der Übung nicht nur auf der symmetrischen Hautstelle, sondern auch auf anderen Körperteilen sich geltend macht. Ähnliche Beobachtungen sind auch von Klinkenberg (80) gemacht worden.

9. Zwei Untersuchungen sprechen sehr dafür, dass der Einfluss der Übung centraler Natur ist, es sind die Arbeiten von Griessbach und von Vannod (155) über den Einfluss der geistigen Ermüdung auf die Schwelle. Griessbach (50) stellte seine Versuche in einem Gymnasium und einer Realschule bei Schülern und Lehrern an, dann bei Lehrlingen, die morgens und nachmittags Rechnungen und Korrespondenzen zu erledigen hatten, bei jungen Männern, die stundenlang praktisch in der mechanischen Weberei thätig waren, endlich bei jungen Leuten, die in Maschinenwerkstätten bei angestrengter körperlicher Arbeit ihre Aufmerksamkeit der Konstruktion von Maschinen zuwenden mussten.

Es wurden die Schwellen auf sechs Hautstellen vor, während und nach der Arbeit bestimmt. Diese sechs Hautstellen sind: Stirnglatze (Glabella); 2) Jochbein; 3) Nasenspitze; 4) Rot der Unterlippe; 5) Daumenballen der rechten Hand; 6) Kuppe des rechten Zeigefingers (Fingerbeere). Die Resultate der zahlreichen Versuche sind sehr deutlich:

1. je grösser die vorhergehende geistige Arbeit gewesen ist, desto grösser ist die Schwelle;

2. eine Erholung nach mehreren Schulstunden macht sich erst nach zwei Stunden Pause bemerkbar;

3. körperliche Arbeit wirkt fast gar nicht auf die Schwelle;

4. die grössten Veränderungen sind während und nach den schriftlichen Prüfungen beobachtet worden;

5. die Veränderungen der Schwelle unter dem Einflusse der

1) Dies geschieht auch durch die neuesten Untersuchungen von Tawney (149).

geistigen Arbeit gehen parallel auf den sechs untersuchten Hautstellen, sie sind am stärksten auf den am wenigsten empfindlichen Stellen, also am Jochbein, und am schwächsten auf der Kuppe des Zeigefingers und an dem Rot der Lippen.

Ich gebe einige Beispiele; die Zahlen in den Tabellen beziehen sich auf Millimeter. Die erste Tabelle giebt die Resultate für einen Schüler des Gymnasiums (Obersekunda, 16 Jahre alt, Begabung und Fleiss ziemlich gut).

Lehrplan	7—8 Mathematik		8—9 Latein	9—10 Griechisch	10—11 Religion	11—12 Physik	Mittagspause		Sonntags
Messungszeiten	7 Uhr	8 Uhr	9 Uhr	10 Uhr	11 Uhr	12 Uhr		2 Uhr	12 Uhr
Glabella	11	12	14	17	11	15	—	7,5	3,5
Nasenspitze	3	3,5	5	5	4	5	—	2,5	1,5
Rot d. Lippen	2	3	3,2	4	3	3,5	—	1,8	1
Jochbein	11	17	22	23	15	22	—	10	5
Daumenballen	6	10	13,5	13,5	9	11	—	5	4
Fingerbeere	2,2	2,5	2,5	2,5	2	2,2	—	1,2	1

Die zweite Tabelle enthält Resultate, die bei einem Schüler der Realschule (Untersekunda, 17 Jahre alt, Begabung und Fleiss ziemlich gut) während der schriftlichen Examina erhalten wurden.

Arbeitsfeld	1. Tag Deutsch. Aufs. 7—12 Uhr			2. Tag Französ. Arbeit 7—12 Uhr			3. Tag Mathematik 7—12 Uhr			4. Tag Engl. Arbeit 7—12 Uhr		
Messungszeiten	½12U.	½5 U.	Sonnt.	10 U.	1 U.	Sonnt.	12 U.	5 U.	Sonnt.	10½U.	1½ U.	Sonnt.
Glabella	12	5	4	12	7	4	14	7,5	4	14	9	4
Nasenspitze	5	2	1,5	5	3	1,5	6	3,5	1,5	7	5	1,5
Rot d. Lippen	3	1	1	3	2	1	3,5	2	1	3,5	2	1
Jochbein	14	6	4,5	16,5	6	4,5	17	9	4,5	18,5	9	4,5
Daumenballen	8	5	4	9,5	5	4	10,5	5	4	10,5	6	4
Fingerbeere	3	1,5	1	2,5	1,5	1	2,5	2	1	3	2,5	1

Wie Griessbach bemerkt hat, ist hier wahrscheinlich die Ermüdung der Aufmerksamkeit im Spiele. Er schlägt deswegen auch diese Methode zur Bestimmung der geistigen Ermüdung der Schüler vor. Hierauf gehe ich jedoch an dieser Stelle nicht ein; ich habe diese Frage bereits an einem anderen Orte diskutiert (Année Psychologique Bd. III.).

10. Vannod (155) wiederholte die Versuche von Griessbach in dem Gymnasium und der Realschule zu Bern, indem er auch an ganz denselben Hautstellen wie jener operierte. In jeder Klasse wurden drei Schüler ausgewählt, ein guter, ein mittlerer und einer von den letzten. Die Bestimmungen wurden um 8 Uhr früh vor den Schulstunden, um 10 Uhr morgens, dann um 12 Uhr nach vier Stunden Arbeit, um 2 Uhr nachmittags nach zweistündiger Ruhepause, und um 4 oder 5 Uhr nach dem Nachmittagsunterrichte angestellt. Die Resultate von Vannod stimmen mit denen von Griessbach vollständig überein: die geistige Arbeit vergrössert die Schwelle um so mehr, je anstrengender die Arbeit ist; die Vergrösserung ist stärker auf den weniger empfindlichen Hautstellen, als auf den empfindlicheren u. s. w.

Ich gebe ein Beispiel; Versuchsperson ist ein Schüler von 16 Jahren der Realschule in Bern.

Stundenplan	8—9 Englisch	9—10 10—11 Zeichnen	11—12 Italienisch	2—3 Deutsch 3—4 Mathem.	4—5 Franz.
Messungszeiten	8 Uhr	11 Uhr	12 Uhr	2 Uhr	5 Uhr
Stirn	3,0 mm	6,0 mm	10,0 mm	8,5 mm	12,0 mm
Nasenspitze	0,6 »	4,0 »	3,0 »	3,5 »	3,0 »
Rot der Lippen	1,0 »	1,5 »	2,4 »	2,0 »	3,0 »
Jochbein (Mitte)	4,0 »	15,0 »	13,5 »	12,0 »	16,0 »
Daumenballen	1,5 »	1,0 »	2,0 »	1,3 »	3,5 »
Fingerbeere	1,2 »	2,0 »	2,0 »	1,5 »	3,8 »

11. Wir glauben, auf Grund aller vorstehenden Resultate über den Einfluss der Übung und der Ermüdung auf den Schwellenwert behaupten zu dürfen, dass dieser Einfluss »centraler« Natur ist, es

sind nicht die Sinneseindrücke selbst durch die Übung oder Ermüdung beeinflusst, sondern die Auffassung derselben.

Durch die Übung lernt man einerseits, seine Aufmerksamkeit auf die feineren Unterschiede zu richten; andererseits lernt man durch die Übung, diese feineren Unterschiede zu deuten. Dies sind die zwei Hauptfaktoren, auf welche sich hier der Einfluss der Übung zurückführen lässt.

Es ist wohl möglich, dass auch die Empfindungen selbst durch die Übung oder Ermüdung etwas verändert werden, aber ich glaube, dass diese Veränderung viel weniger in Betracht kommt, als die Gewöhnung die Tastempfindungen zu analysieren und zu »deuten«. Diese Gewöhnung kann sehr wohl mit der Zeit, wenn man keine Versuche mehr macht, verloren gehen. Endlich ist es auch leicht begreiflich, dass, wenn man auf einer Hautstelle eingeübt ist, man auch auf anderen Hautstellen die Tastempfindungen besser als vorher zu deuten imstande sein wird, und dieser Einfluss muss sich am stärksten auf denjenigen Stellen bemerkbar machen, auf denen die Empfindungen den eingeübten möglichst nahe stehen, also vor allem auf der Hautstelle, die zu der eingeübten symmetrisch ist.

12. Wir haben schon oben gesagt, dass Czermak bei Blinden eine kleinere Schwelle des Raumsinnes, als bei normalen Individuen, auf allen Hautstellen gefunden hat; ähnliche Resultate sind auch von Goltz (49), Gärttner (47) und A. Stern (140) erhalten. Es giebt nur einen Autor, Hocheisen (69), der einen sehr kleinen Unterschied zwischen den Blinden und Sehenden gefunden hat; seine Versuche sind aber zu wenig zahlreich und genügen daher nicht, um alle anderen Resultate umzustossen.

Czermak (27) machte die Versuche mit drei Blinden: zwei Kindern von 13 Jahren und einem Erwachsenen; es wurde nach der Methode von Lichtenfels (Seite 12) gearbeitet; gleichzeitig untersuchte er den Raumsinn der Haut bei vier normalen Kindern und einem normalen Erwachsenen. Nachstehende Tabelle enthält die Schwellenwerte in Linien ausgedrückt (1 Linie = 2,25 mm). Es bedeutet W. einen erwachsenen Sehenden, H., F., E., B. vier normale Knaben von 11 bis 12 Jahren, N., Br. zwei blinde Knaben von 13 Jahren, und P einen erwachsenen Blinden von 24 Jahren.

Hautstellen	W.	Normale Kinder				Blinde		
		H.	F.	E.	B.	N.	Br.	P.
Zungenspitze	½	½	½	½	½	¼	¼	⅓
Volarseite des letzten Fingergliedes . . .	1	¾	¾	¾	¾	½	½	⅔
Roter Teil der Lippen	2	1	¾	1	1	1	1	1
Volarseite des zweiten Fingergliedes . . .	2	1½	1¾	1½	1½	1½	1½	1½
Dorsalseite des letzten Fingergliedes . . .	3	2	2	2	2	1½	1½	1¾
Nasenspitze	3	2	2	2	2	2	1½	2
Volarseite an d. Capit. ossium metacarpi .	3	2½	2	2	2	2	2	3
Rücken der Zunge. .	4	3	3	—	—	2	2	3
Rand der Zunge. . .	4	3	3	—	—	2	2	3
Nicht roter Teil der Lippen	4	3	3	2	3	2½	2	3
Metacarp. d. Daumens	4	3	3	3	3¼	2½	2	3¼
Plantarseite d. grossen Zehe am letzten Gl.	5	3½	3	—	4	2¾	2½	3¼
Dorsalseite d. zweiten Gliedes der Finger.	5	4	4	4	4	3	3	3½
Backen	5	4½	4	4	4	3¼	3	4¼
Äussere Oberfläche d. Augenlides	5	4	4	4	4	3½	3¾	4½
Mitte d. hart. Gaumens	6	4	5	—	5	—	4	4½
Haut auf dem vorderen Teile d. Jochbeines	7	5	5	6	5	4	4	5
Plantarseite am Metacarpus d. gross. Zehe	7	5	4	—	5	4	4	5
Dorsalseite des ersten Gliedes der Finger.	7	5	4	5	5	4	4	5
Dorsalseite d. Capitul. oss. metacarpi . . .	8	6	6	6	6	4¼	4½	6½
Innere Oberfläche der Lippen	9	5	6	6	6	4¾	4½	6½
Haut am hinteren Teile des Jochbeines . .	10	8½	7	8	6	5	5	6½
Unterer Teil d. Stirne	10	9	8	8	7	5	5¼	6¾
Hinterer Teil d. Ferse	10	10	9	—	9	6	6	7
Behaarter unterer Teil des Occipit.	12	8	10	8	9	6	6	7
Rücken der Hand . .	14	9	10	9	12	5	5	7

Hautstellen	W.	Normale Kinder				Blinde		
		H.	F.	E.	B.	N.	Br.	P.
Hals unter d. Kinnlade	15	9	10	8	10	6½	7	8
Scheitel.	15	12	10	10	12	7	8	9
Kniescheibe und Umgegend	16	13	14	—	16	7	8	10
Kreuz	18	14	15	—	11	7	8	11
Glutaeus	18	14	15	—	17	—	—	—
Oberer u. unterer Teil des Unterarmes . .	18	14	16	17	13	9—9½	11—12	12
Oberer u. unterer Teil des Unterschenkels.	18	15	16	—	14	9—11	11—12	12
Fussrücken in d. Nähe der Zehen	18	15	16	—	12	11	11	12½
Sternum	20	16	15	15	14	11½	11½	13—14
Haut am Rückgrate .	21—30	17	16	16	14	9—9½	9½—10	14
Mitte d. Oberarmes u. des Oberschenkels .	16—30	11—19	14—18	22	13—19	11½-13	13—15	13—20

Aus diesen Zahlen schliesst Czermak (27), »dass die Blinden im allgemeinen einen beträchtlich feineren Raumsinn besitzen, als die Sehenden«, und »dass die Schärfung des Raumsinnes bei Blinden allgemein ist und nicht etwa nur auf jene Hautregionen sich beschränkt, welche fast ausschliesslich zum Tasten gebraucht und im Tasten geübt werden. Es scheint dies unsere Meinung zu bestätigen, dass der Grund der Verfeinerung des Raumsinnes bei Blinden wesentlich nur in der Ausbildung der subjektiven Momente, welche offenbar das Unterscheidungsvermögen für alle Tastempfindungen, sie mögen wo immer entstehen, schärfen muss, zu suchen sei.« (Czermak's Schriften I, 1 S. 321). Endlich sieht man auch aus den Zahlen, dass die beiden blinden Knaben einen feineren Raumsinn haben, als der erwachsene Blinde. Ich gebe die Resultate der anderen Autoren nicht wieder, sie sind im allgemeinen denen von Czermak gleich.

13. Aus theoretischen Gründen hat Czermak Versuche über den Raumsinn der Haut bei Kindern angestellt. Es herrschte nämlich die Lehre, dass die Zahl der Nervenfasern beim Kinde dieselbe sei, wie beim Erwachsenen. Die Theorie von Weber behauptete, dass man zwei Spitzen dann empfinden müsste, wenn zwei verschiedene

Nervenfasern getroffen würden. Daher war es interessant zu prüfen, ob nicht bei den Kindern die Schwellen des Raumsinnes kleiner seien, als bei Erwachsenen. Die Versuche von Czermak haben gezeigt, dass die Schwellen bei Kindern auf allen Hautstellen kleiner sind, als bei Erwachsenen. Die obige Tabelle enthält die betreffenden Zahlen. Späterhin wurden diese Resultate von Camerer (19) und A. Stern (140) bestätigt. Czermak bemerkt auch, dass der Unterschied in den Schwellen zwischen Kindern und Erwachsenen an den weniger empfindlichen Stellen grösser ist, als an den empfindlicheren. Aus diesen Versuchen schliesst Czermak, »dass ein Individuum einen um so feineren Raumsinn besitzen müsse, je geringer die quadratische Ausdehnung seiner Haut ist.«

14. Es lag also nahe, den Raumsinn bei künstlicher Dehnung der Haut zu untersuchen. Solche Versuche sind von Czermak auf der Bauchhaut der Schwangeren vor und nach der Geburt gemacht worden, ferner auch bei normalen Individuen auf verschiedenen künstlich gedehnten Hautstellen. Nach Czermak wiederholten Hartmann (56) und Teuffel (150) diese Versuche. Letztere Autoren fanden ein Resultat, das von dem von Czermak gefundenen etwas abwich. Czermak hat nämlich gefunden, dass die Schwelle bei der Dehnung der Haut grösser ist, als im normalen Zustande, und dass die Vergrösserung der Schwelle proportional der Grösse der Dehnung ist. Hartmann und Teuffel fanden wohl, dass bei Dehnung die Schwelle vergrössert wird, aber diese Vergrösserung ist nicht der Grösse der Dehnung proportional, sondern sie ist relativ viel geringer.

Czermak verfuhr folgendermaassen: wenige Tage vor der Entbindung bestimmte er die Feinheit des Raumsinnes der Bauchhaut, die Spitzen wurden unterhalb des Nabels in querer Richtung aufgesetzt, dann bezeichnete er die beiden berührten Punkte mit Lapis; einige Tage nach der Entbindung bestimmte er den Abstand der beiden Punkte und die Feinheit des Raumsinnes auf derselben Hautstelle. Die Resultate sind in der folgenden Tabelle dargestellt; I, II, III, IV, V sind die fünf untersuchten Schwangeren, die Zahlen sind Linien.

	Schwelle		Abstand d. Lapispunkte	
	vor Entb.	nach Entb.	vor Entb.	nach Entb.
I	21	16	21	15
II	18	14¾	18	13
III	32	25¼	32	24
IV	29½	26	29½	25
V	32¼	27	32¼	25

Dasselbe Verfahren wurde auch bei künstlicher Dehnung der Haut bei normalen Individuen gebraucht; es wurden die Versuche mit vier Versuchspersonen gemacht, ich gebe nur die Resultate für eine wieder:

Hautstellen	Abstand d. Lapispunkte		Schwelle	
	vor d. Dehn.	währ.d.Dehn.	vor d. Dehn.	währ.d.Dehn.
Handrücken	13	18	13	19
Rot der Lippen	1	1½	3	5¼
Mitte des Vorderarmes.	28	29	28	32
Mitte des Oberarmes. .	32	36	32	37½

Man sieht, dass in allen diesen Fällen die Vergrösserung der Schwelle fast proportional der Grösse der Dehnung ist. Hartmann (56) hat Versuche über den Einfluss der Dehnung der Haut am Halse gemacht, er findet, dass, wenn durch die Dehnung die Distanz der Lapispunkte verdoppelt wird, die Schwelle nur um 8% grösser wird.

Endlich müssen wir noch hier einige Versuche erwähnen, die A. Stern an Setzern angestellt hat. Er fand bei letzteren eine beträchtliche Verfeinerung des Raumsinnes, aber er hat nur die Schwelle auf der 3. Phalanx des Index bestimmt; es wäre interessant sie auch auf anderen Hautstellen zu untersuchen. —

15. Bei allen Versuchen, die wir bis jetzt beschrieben haben, wurden die beiden Spitzen gleichmässig mit mittlerer Stärke aufgesetzt; es fragt sich nun, wie sich die Schwelle verhalten wird, wenn man die Berührung stärker oder schwächer macht, oder wenn man mit kalten oder warmen Spitzen berührt, oder endlich, wenn man die Sinnespunkte der Haut berührt? Schon Weber hat beobachtet, dass die

beiden Spitzen schwieriger unterschieden werden, wenn sie nicht mit gleicher Stärke aufgesetzt werden. Einige Autoren, HELLER (58) z. B., behaupten, dass die Schwelle bei mittlerer Intensität der Berührung am kleinsten ist. AUBERT und KAMMLER (5) finden dagegen, dass die Intensität der Berührung keinen Einfluss auf die Schwellenwerte hat. CZERMAK (27) und KLUG (82) haben bemerkt, dass, wenn eine Spitze kalt oder warm, die andere aber indifferent ist, man noch zwei Berührungen unter der Schwelle fühlt, aber man fühlt dann die beiden Berührungen an einem und demselben Orte.

Ich kann diese Beobachtung nicht vollständig bestätigen. Erstens habe ich gefunden, dass der Einfluss der Intensität der Berührung nicht auf allen Hautstellen gleich ist; auf einigen Stellen ist die Schwelle am kleinsten bei einer mittleren Intensität, auf anderen dagegen ist die Schwelle desto kleiner, je stärker die Berührung ist, so z. B. auf dem Daumenballen findet das erstere, auf der Dorsalseite der ersten Phalanx des Mittelfingers hingegen das zweite statt. Entsprechend verhält es sich auch in dem Falle, wo eine der Spitzen kalt oder warm ist. Oft beobachtet man das Phänomen von CZERMAK, d. h. die beiden Berührungen scheinen in demselben Orte stattzufinden; manchmal aber scheint es, dass die indifferente und die thermische Empfindung an verschiedenen Orten seien, sogar wenn die Spitzen sehr nahe an einander liegen, z. B. wenn man die Mitte der Volarseite des Vorderarmes mit einer Distanz von etwa 4 mm berührt.

16. Einige Autoren, wie RAUBER (124), GOLDSCHEIDER (48) und DESSOIR (30), haben die Schwellenwerte des Raumsinnes bei Temperaturempfindungen bestimmt; es wurden die beiden Spitzen kalt oder warm gemacht.

Die Werte von GOLDSCHEIDER sind in der folgenden Tabelle enthalten; er berührte Temperaturpunkte und bestimmte die kleinsten Distanzen, die als doppelt gefühlt wurden; die Zahlen der Tabelle sind also keine mittleren Werte, es sind Minimalwerte.

Hautstellen	Kältepunkte	Wärmepunkte
Stirn	0,8 mm	4—5 mm
Wange	0,8 »	3 »
Kinn	0,8 »	4 »
Brust	2 »	4—5 »
Bauch	1—2 »	4—6 »
Rücken	1,5—2 »	4—6 »
Oberarm, Beugefläche	1,5 »	2—3 »
» Streckfläche	2 »	2—3 »
Vorderarm, Beugefläche	2 »	2 »
» Streckfläche	3 »	3 »
Hohlhand	0,8 »	2 »
Handrücken	2—3 »	3—4 »
Oberschenkel	2—3 »	3—4 »
Unterschenkel	2—3 »	3—4 »
Fuss	3 »	—

Man sieht, dass die Werte für die Wärme grösser sind, als für die Kälte; ähnliche Resultate sind auch von Dessoir (30) und von Rauber (124) erhalten worden. Endlich hat auch Goldscheider die Schwellenwerte bei Berührung der Druckpunkte bestimmt; er findet sehr kleine Werte, die in der folgenden Tabelle enthalten sind.

Rücken	4—6 mm	Kleinfingerballen	0,1—0,2 mm
Brust	0,8 »	Hohlhandwülste an den Fingergelenken	0,3 »
Bauch	1,5—2 »	Dorsalfläche der Metac.-Phalangeal-Gelenke	0,9 »
Stirn	0,5—1,0 »	I. u. II. Phalange, volar	0,2—0,4 »
Kopfhaut	1—1,4 »	» » dorsal	0,4—0,8 »
Wange	0,4—0,6 »	Nagelglied, volar	0,1 »
Nase	0,3 »	» dorsal	0,3—0,5 »
Kinn	0,3 »	Schwimmhaut zwischen den Fingern	0,9 »
Oberarm, Beugeseite	0,6—0,8 »	Oberschenkel	3,0 »
Unterarm, »	0,5 »	Unterschenkel	0,8—2,0 »
» Streckseite	1,0 »	Fussrücken	0,8—1,0 »
Handrücken	0,3—0,6 »	Fusssohle	0,8—1,0 »
Handteller	0,1—0,5 »		
Daumenballen	0,2—0,3 »		

Man muss beachten, dass diese Werte nicht mit den früher angegebenen zu vergleichen sind, denn früher haben wir die Mittelwerte der Schwellen gegeben, hier dagegen handelt es sich um Minimalwerte.

17. Einige Autoren haben untersucht, ob nicht irgend ein Verhältnis zwischen der Form der Papillenlinien auf den Fingern und der Feinheit des Raumsinnes besteht. Schon Weber hat bemerkt, dass die Schwellen in der queren Richtung kleiner sind, als in der longitudinalen, ausser auf der Volarseite der Finger, wo die Schwelle in der longitudinalen Richtung kleiner ist, als in der queren (Weber, Annotat. Anat. et Phys. S. 48).

Zwei Autoren haben sich mit dieser Frage beschäftigt, es sind A. Stern (140) und Féré (41 u. 42). A. Stern untersuchte, ob nicht zwischen der Zahl oder Form der Papillenreihen und der Feinheit des Raumsinnes irgend eine Beziehung besteht. Die Versuche wurden mit 100 Setzern, 100 Männern anderweitigen Berufes, 65 Frauen, 77 Blinden und 20 Kindern gemacht; die Zahlen der Papillenreihen, die in je einem $1/4$ qcm enthalten sind, sind in folgender Tabelle dargestellt; sie zeigt, wieviel von 100 Individuen eine bestimmte Zahl von Papillenreihen haben, z. B. es sind 3 Männer, die 7 Reihen haben, 10 haben 8 Reihen, etc.

	Zahl der Papillenreihen auf $\frac{1}{4}$ qcm. Mitte des Fingerballens										
	7 R.	8 R.	9 R.	10 R.	11 R.	12 R.	13 R.	14 R.	15 R.	16 R.	17 R.
Männer	3	10	38	21	18	10	2	—	—	—	—
Frauen	5	6	20	21	31	11	6	—	—	—	—
Setzer	2	3	17	16	32	15	14	—	—	—	—
Blinde	—	5	16	14,5	22	20	12	6	6,5	3	—
Kinder	—	—	5	10	20	20	10	10	10	10	5

	Zahl der Papillenreihen auf $\frac{1}{4}$ qcm. Fingerspitze, Index										
	7 R.	8 R.	9 R.	10 R.	11 R.	12 R.	13 R.	14 R.	15 R.	16 R.	17 R.
Männer	1	8	25	40	18	1	2	—	—	—	—
Frauen	2	3	23	26	24	16	6	—	—	—	—
Setzer	—	—	12	23	39	19	9	—	—	—	—
Blinde	—	—	8,5	17	32	27,5	12	4	2,5	—	1,5
Kinder	—	—	—	5	20	25	15	(15)	(20)	—	—

Man sieht, dass die Kinder die meisten Papillenreihen haben, die Blinden stehen ihnen etwas nach, dann kommen die Frauen und an letzter Stelle die Männer anderweitigen Berufes. Entsprechend verhält sich auch die Feinheit des Raumsinnes bei den verschiedenen Individuen. A. Stern bemerkt, dass überhaupt bei Individuen, welche die zahlreichsten Papillenreihen haben, auch die Schwellenwerte die kleinsten sind. Zwischen der Form der Papillenreihe und der Grösse der Schwelle findet A. Stern keine Abhängigkeit.

18. Anders ist es bei Féré (42); er untersuchte, ob die Stellung der Spitzen nicht einen gewissen Einfluss auf die Grösse der Schwelle ausübt; er bekam das interessante Resultat: wenn man die beiden Spitzen auf einer Papillenreihe oder auf einer Leiste aufsetzt, so ist die Schwelle grösser, als wenn man die beiden Spitzen auf verschiedene Papillenreihen stellt; so z. B., wenn man die Spitzen in den Punkten 1 und 2 (Fig. 4) aufstellt, so wird man weniger gut die beiden Punkte unterscheiden, als dann, wenn man die Punkte 1 u. 3 oder 2 u. 3 berührt, obgleich die Entfernung von 1 zu 3 dieselbe, wie die von 1 zu 2 ist.



Fig. 4.

Wenn man die Schwelle auf der Radialseite des Fingers mit der auf der Ulnarseite (Kleinfingerseite) desselben vergleicht, so findet man nach Féré, dass auf allen Fingern ausser dem Daumen die Schwelle auf der Radialseite kleiner ist, als auf der Ulnarseite.

Die Resultate von Féré erklären auch die oben (S. 43) erwähnte Beobachtung von Weber; denn bei der Berührung des Fingers longitudinal sind die berührten Papillenreihen durch eine geringere Anzahl von zwischenliegenden Papillenreihen getrennt, als bei der Berührung quer zum Finger der Fall ist.

19. Ich komme jetzt zur Darstellung der Versuche über den Einfluss künstlicher Bedingungen auf den Raumsinn der Haut. Es sind die Einflüsse folgender Bedingungen von folgenden Forschern untersucht worden: Temperatur, Anämie und Hyperämie von Stolnikow (141), Israel (72), Klinkenberg (80) und Alsberg (3); mechanische Reizung der Haut von Klinkenberg; elektrische Reizung von Suslowa (145), Spanke (136), Buccola und Seppilli (18); Reizung der Haut mit Senfspiritus von Asch (4), Klinkenberg,

Serebrenni (134), A. Ker (79), Israel, Buccola und Seppilli; äussere Einwirkung von gewissen Substanzen (Carbolsäure, Kohlensäure, Äther, etc.) von Israel, A. Ker und Klinkenberg; endlich Narcotica und innere Medicamente von Lichtenfels (93), Rumpf (130), Kremer (85) und Klinkenberg.

Es würde zu lange aufhalten, hier alle Resultate dieser Untersuchungen vollständig wiederzugeben; wir begnügen uns mit den wichtigsten Ergebnissen.

Wärme, Hyperämie und mechanische Reizung (Frottieren) der Haut verkleinern die Schwelle; Anämie und Kälte vergrössern sie. Ich gebe einige Beispiele aus Klinkenberg; es sind die Schwellenwerte (in cm) gegeben, die bei einer Zimmertemperatur von 10° und von 24° Cels. und dann nach dem Frottieren der Haut erhalten wurden.

Hautstellen	1. Versuchsperson				2. Versuchsperson			
	Normal	10° C.	24° C.	Frottieren	Normal	10° C.	24° C.	Frottieren
Mittelfinger, 3. Phal. .	0,25	0,4	0,2	0,1	0,26	0,3	0,2	0,1
Vola manus	0,6	0,9	0,4	0,15	0,5	0,7	0,4	0,14
Dors. manus	1,7	2,2	0,5	1,0	1,6	2,0	0,8	1,0
Stirn	1,2	1,4	1,8	0,8	1,2	1,6	1,0	1,0
Vorderarm, volar . .	2,9	—	—	1,5	3,0	—	—	2,0
» dorsal . .	2,9	—	—	1,5	3,0	—	—	2,1
Magengrube	3,6	—	—	2,0	3,5	—	—	2,3

Der Einfluss der elektrischen Reizung der Haut macht sich erst nach einer gewissen Zeit bemerkbar; Spanke fand, dass durch einen konstanten Strom die Schwelle an der Anode vergrössert, an der Kathode verkleinert wird. Die Reizung der Haut mit Sinapismen und mit verschiedenen Säuren bewirkt eine Vergrösserung der Schwelle. Phenollösung verdoppelt die Schwelle. Wenn man Kohlensäure auf die Haut einwirken lässt, so wird die Schwelle ziemlich vergrössert. Die folgende Tabelle giebt die Resultate nach einer 20 Minuten langen Einwirkung von CO^2 bei gewöhnlicher Temperatur.

Hautstellen	Normalwerte	Nach d. Einwirkung
Ellenbogen	33 mm	65 mm
Oberarm, unteres Drittel	50 »	80 »
Unterarm, Mitte, Beugeseite . . .	27,5 »	41—48,5 »
» unt. Drittel, Beugeseite .	17,5 »	34,0 »
Kleinfingerballen	7,0 »	8,5 »
Daumenballen	7,0 »	8,5 »
Vola manus, Mitte	8,5 »	10,0 »
Dorsum manus	21,0 »	23,5 »
I. Phal., dorsal	8,0 »	13,0 »
» volar	4,0 »	6,5 »
III. Phal., dorsal	5,0 »	8,0 »
» volar	2,5 »	3,5 »

20. Der Einfluss der Narcotica wurde sehr eingehend von Lichtenfels (93) für Atropin, Daturin, Morphin, Strychnin, Chloroform, Alkohol und Nikotin untersucht; die wichtigsten Resultate sind in der folgenden Tabelle enthalten. Wir haben oben (S. 12) die Methode beschrieben, nach welcher der Autor arbeitete; er hat immer zwei Werte angegeben, die Schwelle für einen Punkt, und die Schwelle für zwei Punkte. Die untersuchte Hautstelle ist die Mitte des Vorderarmes, Beugeseite.

Substanzen	Dosen	Zeit d. Untersuchung nach der Einnahme	Grenze f. 1 Punkt	Grenze f. 2 Punkte	Normalwerte	
					1 Punkt	2 Punkte
Atropin	0,10 g	100 Min.	38 mm	46 mm	26 mm	32 mm
»	0,20 »	3 Stund.	39 »	—	26 »	32 »
»	0,20 »	15 »	36 »	48 »	26 »	32 »
»	0,005 »	70 Min.	34 »	56 »	26 »	32 »
Daturin	0,005 g	50 Min.	44 mm	57 mm	30 mm	41 mm
»	0,005 »	115 »	48 »	55 »	30 »	41 »
»	0,005 »	16 Stund.	41 »	49 »	30 »	41 »

Substanzen	Dosen	Zeit d. Untersuchung nach der Einnahme	Grenze f. 1 Punkt	Grenze f. 2 Punkte	Normalwerte	
					1 Punkt	2 Punkte
Morphin	0,08 g	2 Stund.	48 mm	60 mm	29 mm	38 mm
»	0,08 »	4 »	40 »	50 »	29 »	38 »
»	0,08 »	15 »	38 »	44 »	29 »	38 »
Strychnin	0,01 »	50 Min.	30 mm	39 mm	28 mm	35 mm
»	0,01 »	110 »	34 »	46 »	28 »	35 »
Alkohol	40 g	10 Min.	43 mm	55 mm	28 mm	34 mm
»	40 »	60 »	51 »	60 »	28 »	34 »
»	40 »	12 »	38 »	58 »	33 »	36 »
»	40 »	60 »	50 »	59 »	33 »	36 »

Jede Substanz hat ihre Art einzuwirken: die einen vermindern die Empfindlichkeit mehr, die anderen weniger, bei einigen ist die Wirkung noch nach längerer Zeit zu merken, bei anderen dagegen verschwindet sie viel schneller. Am meisten wirken Alkohol und Morphin, Strychnin dagegen erst nach einer Zeit von 2 Stunden.

21. Einer der ersten, der über den Raumsinn der Haut in pathologischen Fällen Versuche angestellt hat, ist Brown-Séquard (198). Er bestimmte die Schwelle in Fällen von Rückenmarksverletzungen und besonders von Hemisection des Rückenmarks; es zeigte sich, dass die Hautstellen, auf denen nach der Verletzung des Rückenmarkes eine Hyperästhesie stattfindet, auch eine kleinere Schwelle haben. Hierdurch erwies Brown-Séquard, dass man den Tastzirkel auch in der Klinik mit Vorteil gebrauchen kann. Daran schloss sich eine grosse Zahl von Einzelbestimmungen (von Brown-Séquard und Anderen) der Schwellenwerte bei verschiedenen Erkrankungen der Nervencentra (Tabes, multiple Sklerose, Hemiplegie etc.) und der peripheren Nerven (bei Neuritis, Verletzungen der Nerven) und auch bei einigen Hautkrankheiten. Man hat in vielen Fällen eine Vergrösserung der Schwelle, in anderen eine Verkleinerung derselben beobachtet; ich werde darauf im zweiten Kapitel noch zurückkommen. Hier will ich nur die Beobachtungen, die bei Nervendurchschneidung gemacht wurden, erwähnen. Es giebt Fälle, in denen nach Durchschneidung eines Nervenastes, des Nervus Radialis z. B., die

Sensibilität auf gewissen Hautstellen verloren geht (Daumenballen, Mitte der Hand, Dorsalseite, etc.) und nach einigen Tagen wieder hergestellt wird. Nach der Annahme der meisten Autoren ist diese Wiederherstellung der Sensibilität dem Umstande zuzuschreiben, dass dieselben Hautstellen nicht nur Fasern von einem Nervenaste bekommen, sondern auch Fasern von anderen Nerven, und dass es zwischen den verschiedenen Nerven Anastomosen giebt (Rekurrente Sensibiltät); aber es ist nicht ohne Bedeutung für die Theorie, dass bei der Wiederherstellung der Sensibilität ohne Regeneration des verletzten Nerven die Schwelle sehr stark vergrössert wird, sodass in manchen Fällen jede Distanz als eine Spitze empfunden wird. Solche Beobachtungen sind von Laborde (252), Tillmanns (311), Richet (291 bis) Lètiévant (258) u. A. gemacht worden. Dagegen, wenn man die Operation der Nervennaht macht, so wird nach einer Periode von 3—6 Monaten die Sensibilität vollständig wiederhergestellt und man erhält wieder dieselben Schwellenwerte, wie bei normalen Verhältnissen. Die histologische Untersuchung zeigt, dass nach Ausführung jener Operation eine Regeneration der Nervenfasern stattfindet, so dass Fasern von dem centralen Ende in das angelegte periphere hineinwachsen [Ströbe (307), Vanlair (315), Howell u. Huber (242) u. A.].

Endlich sind auch Versuche über die Schwelle bei Hysterischen gemacht worden, und es hat sich gezeigt, dass die Schwelle bald stark vergrössert, bald stark verkleinert wird.

Über den Raumsinn bei Hautkrankheiten haben Schlesinger (297), Rendu (290), Stoukovenkoff (306) u. A. einige Untersuchungen veranstaltet; der erste findet, dass bei einigen Krankheiten (Eczema, Lepra, Prurigo etc.) die Schwelle vergrössert, bei anderen (Lupus) verkleinert wird.

22. Schwelle bei successiver Berührung mit den Spitzen. Schon Weber hat die Beobachtung gemacht, dass man viel leichter die beiden Spitzen wahrnimmt, wenn man sie nicht gleichzeitig auf die Haut aufsetzt. Czermak hat viel Versuche nach dieser Methode gemacht, und er schlägt sogar vor, diese Methode statt der ersten (gleichzeitiges Aufsetzen der Spitzen) zu gebrauchen. Nach ihm wurde die Methode von Goltz (49) bei Blinden und Kindern gebraucht; Liebermeister hat sie auf pathologische Fälle an-

gewandt, und endlich ist in der letzten Zeit eine Arbeit von JUDD (77) erschienen, in der gleichfalls dieser Methode der Vorzug vor dem üblichen Verfahren gegeben wird. Es giebt zwei Möglichkeiten, die Versuche nach dieser Methode zu machen: 1) man berührt die Haut mit einer Spitze, dann nach einiger Zeit mit der zweiten, ohne die erste aufzuheben; 2) man berührt mit einer Spitze, nimmt sie weg und berührt dann einen andern Punkt. Das erste Verfahren ist von CZERMAK und GOLTZ, das zweite von JUDD angewandt worden; alle drei Autoren bestimmten die Grenze, bei der die Versuchsperson zwei Punkte fühlte und richtig die Richtung angab. Die Schwellenwerte, die nach dieser Methode erhalten wurden, sind alle bedeutend kleiner, als die Werte, die man nach der üblichen Methode bekommt. Ich gebe einige Beispiele. Die erste Tabelle enthält Resultate von CZERMAK; er bestimmte die Schwelle bei ungleichzeitiger und dann bei gleichzeitiger Berührung, in diesem letzten Falle bestimmte er nach der Methode von LICHTENFELS die Schwellendistanz für einen Punkt und die für zwei Punkte; die Zahlen bedeuten Linien (1 Linie = 2,25 mm).

	Handrücken		Vorderarm, Mitte, dorsal		Oberarm, Mitte, dorsal	
	1. Vers.-person	2. Vers.-person	1. Vers.-person	2. Vers.-person	1. Vers.-person	2. Vers.-person
Schwelle b. ungleichzeitiger Berührung	1,7	1,9	2,0	4,0	—	4,8
Schwelle b. gleichzeitiger Berührg. 1 Punkt	5,1	7,0	8,5	9,0	—	12,5
Schwelle b. gleichzeitiger Berührg. 2 Punkte	6,9	9,2	11,1	12,7	—	17,6

CZERMAK bemerkt, dass die Differenz zwischen der Schwelle für einen Punkt und der Schwelle für zwei Punkte gleich der Schwelle bei successiver Berührung ist, er schliesst daraus auf eine Methode zur Bestimmung der Grösse der »Empfindungskreise«. Dieser Punkt wurde nach ihm nicht weiter untersucht, und ich glaube, dass man sich dagegen kritisch verhalten muss.

Die zweite Tabelle enthält Resultate von GOLTZ, es sind für jede Hautstelle und für jede Person zwei Werte gegeben, der erste (S.) wurde nach der Methode der successiven Berührung, der zweite (W.) bei gleichzeitigem Aufsetzen erhalten.

23.

Hautstellen	Sehende										Blinde							
	1. Versuchsperson		2. Versuchsperson		3. Versuchsperson		4. Versuchsperson		5. Versuchsperson		1. Versuchsperson		2. Versuchsperson		3. Versuchsperson		4. Versuchsperson	
	S.	W.	S.	W.	S.	W.	S.	W.	S.	W.	S.	W.	S.	W.	S.	W.	S.	W.
Wange	3,2	8,5	3,8	8	5,6	7,8	3	6	2	5	4,4	7,5	3,5	6	2	4	2	4
Jochbein	5—6	11	6	11	6	12,6	4—5,6	8,5	3	9	5,5	13	5	8	4	7	2,7	6,5
Handrücken. . . .	5	8,5	4,7	6	6,3	11	3	8,5	4	6	5,2	8	3	4	3	4	3—4	5
Vorderarm, dorsal .	7	19	7,5	14	8,2	18,5	7,2	11	6,5	13	9	16	6,2	11	6	14	5	15
Oberarm, dorsal . .	8—12	27	11	23	8,6	25	7—10	17	9	20	8,5	18	7,6	16	—	—	—	—
Stirn	7,3	5,5	—	—	5	6,5	4—5	7	—	—	4,7	7,5	—	—	—	—	—	—

Man sieht, dass die Blinden auch bei ungleichzeitiger Berührung kleinere Schwellen haben, als die Sehenden.

Wir gehen zu den Resultaten von Judd (77) über. Die untersuchte Hautstelle war die Mitte der Volarseite des rechten Vorderarmes. In der ersten Reihe wurde zunächst mit einer Spitze berührt, dann diese weggenommen und ein zweiter Punkt in einer der vier Hauptrichtungen (Ellenbogen, Hand, rechts, links) berührt. In der zweiten Reihe dauerte die Berührung des ersten Punktes noch fort, während man den zweiten berührte; zwischen beiden Berührungen war ein Intervall von drei Sekunden. Die folgende Tabelle enthält in Centimetern die Resultate für fünf Versuchspersonen. In der ersten Kolumne sind die Werte, die bei gleichzeitiger Berührung erhalten wurden, gegeben, in den anderen die bei successiver Berührung; I bedeutet erste Reihe, II — zweite Reihe; Ellenbogen bedeutet, dass der zweite Punkt näher zum Ellenbogen, als der erste war. Entsprechendes gilt für die anderen Ausdrücke.

	Gleichzeitige Berührg.	Ellenbogen		Hand		Links		Rechts	
		I	II	I	II	I	II	I	II
1. Versuchsperson	2,50 cm	0,65	0,87	0,65	1,43	0,58	0,93	0,68	0,91
2. »	2,03 »	0,73	1,24	0,59	1,12	0,73	1,18	0,72	1,22
3. »	2,66 »	0,82	0,74	0,96	1,46	0,70	1,14	0,94	1,06
4. »	3,49 »	0,70	1,16	0,84	1,18	0,88	1,20	0,66	1,20
5. »	2,50 »	0,54	0,56	0,54	1,22	0,55	0,98	0,50	0,90

Man sieht aus diesen Zahlen, dass die Schwelle bei successiver Berührung kleiner ist als bei simultaner, und dass bei successiver Berührung die Schwelle kleiner ist, wenn man vor der Berührung des zweiten Punktes die Spitze von dem ersten wegnimmt.

24. Die von Judd angewandte Methode erfordert noch einige Bemerkungen: er bestimmte die Schwellenwerte nach der Methode der Minimaländerungen, indem er entweder von Null oder von einer deutlich wahrnehmbaren Distanz und Richtung ausging. Die zweite Methode (absteigende Reihe) halte ich für ungeeignet, denn in dieser kennt die Versuchsperson die Richtung, und das Urteil hat nicht dieselbe Bedeutung, wie bei der aufsteigenden Reihe; in der vorigen Tabelle sind nur die bei aufsteigender Reihe erhaltenen Werte angegeben. Dann ist es auch, wie ich glaube, ein Fehler, dass die Versuchsperson zu viel wusste; das angewandte Verfahren war nämlich ein fast vollständig wissentliches. Judd sagt: »Das Verfahren war insofern ein unwissentliches, als die zu wählende Richtung des zweiten Eindrucks dem Reagenten unbekannt war« (S. 418). Die Versuchsperson wusste also, dass man mit der Methode der Minimaländerungen arbeitete, und sie wusste, mit welchen Distanzen man sie berührte. Unter solchen Umständen ist, meiner Ansicht nach, eine grosse Wahrscheinlichkeit dafür vorhanden, dass die Versuchsperson stark beeinflusst wird, vielleicht ohne sich dessen bewusst zu werden. Endlich sind in manchen Reihen zu wenig Versuche gemacht worden, oft nur fünf, und der Autor berechnet aus diesen fünf Werten das arithmetische Mittel, die mittlere Variation, den kleinsten und den grössten Wert, also vier Zahlen. Es wäre viel besser, die fünf erhaltenen Zahlen wieder zu geben; denn eine Berechnung wie die der mittleren Variation ist nur bei grossen Zahlen von Bestimmungen erlaubt.

Alle diese Mängel in der Arbeit von Judd weisen darauf hin, dass man seine Resultate nicht ohne weiteres annehmen und nicht als sichere betrachten kann. Eine nicht uninteressante Beobachtung, die Czermak und ebenso Judd gemacht hat, ist die, dass man manchmal die zweite Spitze an einem anderen Orte als die erste fühlt, nicht aber die Richtung angeben kann.

25. Schwellenwerte bei der Berührung mit einer Linie. Es giebt nur eine Untersuchung über diesen Gegenstand, die von Judd (77). Er berührte die Haut mit Linien verschiedener Länge, die Versuchsperson musste zwei Fragen beantworten: 1) ob sie einen Punkt oder eine Strecke fühle, und 2) in welcher Richtung die Strecke zu laufen scheine. Die untersuchte Hautstelle war wieder die Mitte der Volarseite des rechten Vorderarmes; vier verschiedene Richtungen wurden gebraucht: longitudinal (l), quer (q), diagonal von rechts nach links (r—l) und von links nach rechts (l—r). Judd schreibt wieder: »Das Verfahren war hier ebenfalls insofern ein unwissentliches, als die untersuchte Richtung der Versuchsperson unbekannt war.«

Die Versuche haben gezeigt, dass man viel früher eine Linie zu empfinden anfängt, als man im Stande ist, deren Richtung richtig anzugeben. Die folgende Tabelle enthält in Centimetern einige Resultate für dieselben fünf Versuchspersonen, wie oben.

	1. Vers.-person	2. Vers.-person	3. Vers.-person	4. Vers.-person	5. Vers.-person
Mittlere Schwelle für Linie	0,94	1,18	0,72	0,82	0,73
Schwelle für Richtung *l* .	3,6	2,6	2,0	2,8	2,0
» » »	2,8	1,6	1,2	2,4	2,4
» » »	3,2	3,0	2,8	4,8	3,4
» » »	3,0	2,2	2,4	2,6	2,4
Schwelle für Richtung *q* .	1,8	2,8	2,8	3,8	4,4
» » »	2,4	2,4	5,0	2,8	2,8
» » »	2,4	3,4	3,4	3,2	3,0
» » »	2,8	2,0	1,6	3,6	5,0

	1. Vers.-person	2. Vers.-person	3. Vers.-person	4. Vers.-person	5. Vers.-person
Mittlere Schwelle für Linie	0,94	1,18	0,72	0,82	0,73
Schwelle für Richtung *r*—*l*	3,8	3,2	3,7	3,2	3,4
» » »	5,0	3,8	2,6	5,0	2,8
» » »	4,8	4,0	5,0	5,0	3,8
» » »	4,2	4,2	2,6	3,4	4,0
Schwelle für Richtung *l*—*r*	3,4	3,8	5,0	5,0	4,8
» » »	2,6	3,6	2,8	4,2	3,6
» » »	2,6	3,2	2,0	3,4	5,0
» » »	3,2	3,0	2,0	5,0	2,6
Schw. f. 2 Punkte success.	0,65	0,66	0,89	0,77	0,54
» » 2 » gleichz.	2,50	2,03	3,49	2,66	2,50

Man sieht, dass die Schwelle für Linien ohne Richtung etwas grösser ist, als die Schwelle bei successiver Berührung zweier Punkte, aber kleiner als die Schwelle bei simultaner Berührung zweier Punkte; die Schwelle für Linien mit richtiger Angabe der Richtung ist wenig von der entsprechenden Schwelle bei simultaner Berührung mit zwei Spitzen verschieden. Die Schwellen für Diagonalrichtungen sind im allgemeinen grösser, als diejenigen für longitudinale oder quere.

Mehrere Autoren haben untersucht, ob eine Linie, mit der man die Haut berührt, grösser oder kleiner erscheint, als die Distanz zweier Punkte, deren Distanz in Wirklichkeit von der Grösse der Linie ist. Hierauf kommen wir noch im vierten Paragraph zu sprechen.

26. Uber die Schwelle für Formen giebt es noch keine Untersuchung. Uber die Wahrnehmung verschiedener Formen durch den Tastsinn liegen zwar Beobachtungen vor, aber Schwellenbestimmungen sind bis jetzt nicht ausgeführt worden. Ich will hier nur einige Versuche erwähnen, welche BINET[1]) an Hysterischen angestellt hat. Er berührte bei einer hysterischen Frau den anästhetischen Nacken

1) BINET, Les altérations de la personnalité. 1892. S. 192.

mit einer kupfernen Medaille, welche die Hysterische nie gesehen hatte. Sofort klagte sie über Blitze und, wenn man die Berührung stärker machte, über Schmerz. Bei mittlerer Intensität hatte sie Gesichtsvorstellungen, die sehr stark waren. BINET bat sie, diese Gesichtsvorstellungen aufzuzeichnen, sie zeichnete eine Figur, die der wirklichen Figur der Medaille auffallend ähnlich war (Fig. 7). Ein normales Individuum zeichnete bei gleichen Bedingungen die Figur 6,

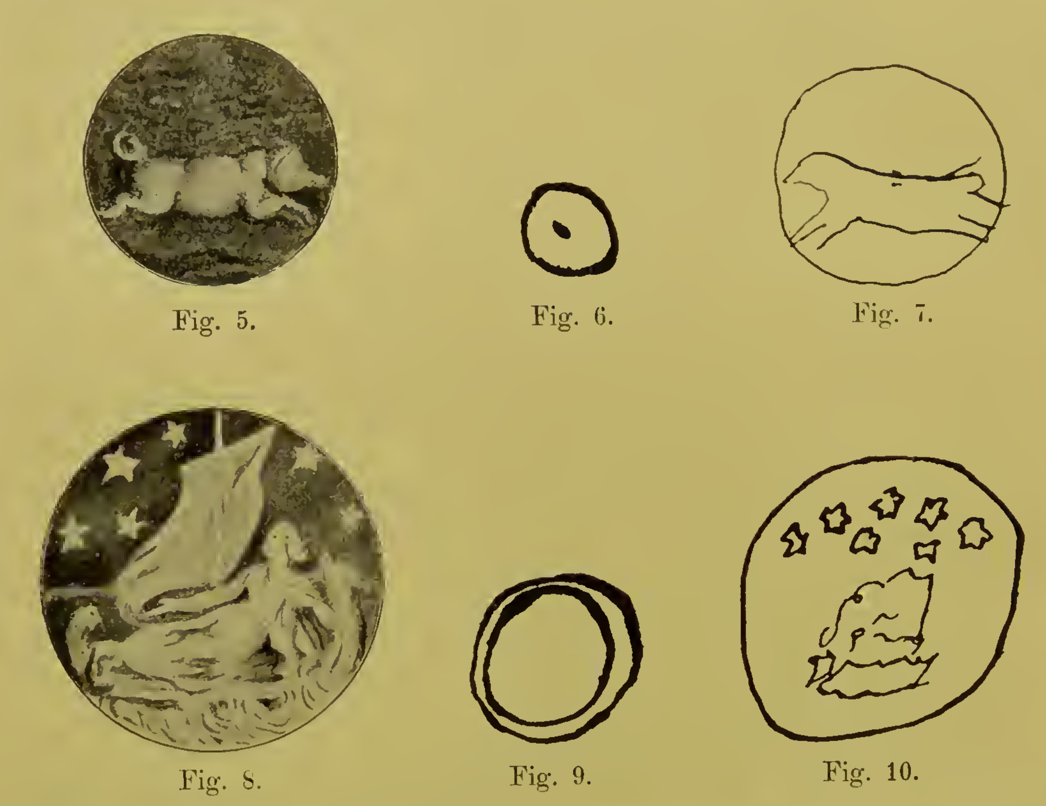


Fig. 5. Fig. 6. Fig. 7.

Fig. 8. Fig. 9. Fig. 10.

Fig. 5 u. 8. Original, welches auf den Nacken gesetzt wird. — Fig. 6 u. 9. Normales Individuum. — Fig. 7 u. 10. Hysterische.

die Figur 5 repräsentiert das Original. Ein gleiches Resultat erhielt BINET bei derselben Hysterischen 3 Jahre später mit einer anderen Medaille (Altérat. de la Person. BINET S. 192) (Fig. 8, 9 u. 10).

Diese Versuche, obgleich vereinzelt, müssen in Betracht gezogen werden.

27. Schwelle für Bewegungen. Wenn man die Haut mit einer Spitze berührt und dann diese Spitze über die Haut führt, so empfindet man im allgemeinen eine Bewegung von angebbarer Grösse und Richtung. Messende Untersuchungen über die Schwelle sind

von St. Hall und Donaldson (53) angestellt worden. Ein Stift von 2 mm Durchmesser wurde mit einer Kraft von 15 g auf die Haut gedrückt, und dann mit gleichförmiger Geschwindigkeit über die Haut geführt; die Versuchsperson musste es sagen, sobald sie eine Bewegung empfand, und deren Richtung angeben. Die folgende Tabelle enthält die Schwellenwerte in Centimetern für die Volarseite des Vorderarmes bei verschiedenen Geschwindigkeiten; diese Geschwindigkeiten sind in cm pro Sekunde gemessen.

Geschwindigkeiten . .	0,012 cm	0,034	0,035	0,044	0,046	0,050	0,078	0,086	0,178	0,200	1,5
Schwelle . .	0,52 »	0,79	0,56	0,84	0,66	0,60	0,72	0,58	0,57	0,76	0,51

Man sieht, dass diese Schwelle ungefähr gleich 6 mm ist, sie variiert wenig mit der Geschwindigkeit, sie ist aber bedeutend kleiner, als die Schwelle bei der Berührung mit zwei Spitzen gleichzeitig (25 mm).

Die Schwelle für Bewegungen ist an verschiedenen Hautstellen verschieden. Die folgende Tabelle enthält Resultate, die bei der Berührung mit einem runden Stift von 12 mm Durchmesser und mit einer Kraft von 75 g bei einer Geschwindigkeit von 2 mm pro Sekunde erzielt wurden.

Hautstelle	1. Versuchsperson	2. Versuchsperson	3. Versuchsperson
Vorderarm	0,44 cm	0,40 cm	0,24 cm
Oberarm	0,40 »	0,54 »	0,31 »
Rücken	0,85 »	1,17 »	0,49 »
Unterschenkel	0,60 »	1,80 »	0,28 »
Vola manus.	0,74 »	0,48 »	—
Stirn	0,20 »	0,84 »	—
Oberschenkel	—	1,17 »	—

Es ist zu beachten, dass die Unterschiede hier nicht so gross sind, wie bei dem Verfahren mit zwei gleichzeitig aufgesetzten Spitzen,

und in allen Fällen sind die Schwellenwerte kleiner als diejenigen, die man mit dem Tastzirkel erhält.

Endlich haben die Autoren auch den Einfluss der Stärke des Eindrucks untersucht. Es stellte sich heraus, dass die Schwelle ihren geringsten Wert bei der grössten Intensität hat. Die Resultate sind in der folgenden Tabelle enthalten:

	Durchmesser des Stabes, mit dem berührt wird	Intensität 15 g	Intensität 45 g	Intensität 75 g
1. Versuchsperson	2 mm	0,56 cm	0,41 cm	0,33 cm
1. »	8 »	0,74 »	0,49 »	0,44 »
1. »	12 »	0,49 »	0,37 »	0,35 »
2. »	12 »	0,46 »	0,21 »	0,16 »
3. »	12 »	0,54 »	0,32 »	0,26 »
4. »	12 »	1,53 »	0,66 »	0,35 »

Hiermit ist die Übersicht der Schwellenbestimmungen auf dem Gebiete des Raumsinnes der Haut beendigt, die Deutung und Verwendung der angeführten Resultate wird man im II. Teile finden.

§ 3. Unterschiedsschwelle.

1. Über die Unterschiedsschwelle liegen für den Raumsinn der Haut fast gar keine Versuche vor. Man findet wohl bei einigen Autoren vereinzelte Beobachtungen, aber die Frage ist noch nicht systematisch untersucht worden. Nur Loewenton (97) hat eine Untersuchung über die Unterschiedsschwelle für Distanzen und Eisner (37) eine solche über die Unterschiedsschwelle für Formen angestellt. Loewenton untersuchte die Unterschiedsschwelle nach der Methode der richtigen und falschen Fälle. Der Vorderarm, Volarseite, wurde zuerst mit einer Distanz von 70 mm, dann nach einer gewissen Zeit mit einer anderen Distanz berührt, und die Versuchsperson musste die beiden Distanzen vergleichen. Die Zwischenzeiten waren 2 Sek., 4 Sek., 10 Sek., 20 Sek., 30 Sek., 45 Sek. Die Resultate finden sich in folgender Tabelle; D ist die Grösse der zweiten Distanz.

D	2 Sek.	4 Sek.	10 Sek.	20 Sek.	30 Sek.	45 Sek.
90 mm	97,50	90,00	75,63	70,00	57,30	60,00
85 »	91,87	81,30	67,50	63,12	53,13	45,00
80 »	80,00	69,37	60,63	55,62	50,00	42,54
75 »	75,63	57,50	56,25	48,75	40,00	36,87
65 mm	54,37	72,50	65,00	67,50	80,62	73,13
60 »	60,63	78,75	73,13	74,37	86,25	86,25
55 »	71,87	83,75	78,13	86,25	93,71	96,25
50 »	83,75	86,25	86,87	96,25	100,00	100,00

Die Tabelle giebt die Zahl der richtigen Antworten in Prozenten. Man sieht, dass, wenn der Unterschied zwischen der Hauptdistanz (70 mm) und der Vergleichsdistanz wächst, alsdann die Zahl der richtigen Antworten zunimmt, und dass mit zunehmender Dauer des Intervalls die Zahl der richtigen Antworten abnimmt. Es ist dies aber gewiss noch nicht eine Bestimmung der Unterschiedsschwelle; über diese müssten Versuche noch angestellt werden.

2. Eisner berührte verschiedene Hautstellen mit zwei kreisförmigen Scheiben und bestimmte die kleinste Differenz, die noch wahrgenommen wurde. Es zeigten sich sehr grosse Unterschiede für die verschiedenen Hautstellen; die folgende Tabelle enthält die Durchmesser der Scheiben, die eben als verschieden empfunden wurden.

Zungenspitze	½—1	Jochbein, hinten . . .	2—6
III. Phal., volar. . . .	1—2	Stirn, mitten	2—6
Rote Lippe	2—4	Ferse hinten	2—8
II. Phal., volar	2—4	Handrücken.	2—6
I. Phal., volar.	2—4 (2—6)	Unterkinn	2—6
III. Phal., dorsal . . .	2—4 (2—6)	Kniescheibe.	2—10
Nasenspitze	2—4	Kreuzbein	2—15
Backe	2—4 (2—6)	Unterarm und Unterschenkel	2—15
Lid	2—4	Fussrücken nahe d. Zehen	2—15
Unteres Drittel Vorderarm, volar	2—6	Sternum	2—25
Jochbein, vorn	2—4	Nacken, hoch	2—20
Metatarsus hallucis plantaris	2—8	Rückgrat	2—20
		Nackenmitte	2—25
I. Fingerphal., dorsal .	2—8		
Metacarpalkopf, dorsal .	2—8	Oberarm, Oberschenkel und Rückenmitte . .	2—25

Die Zahlen bedeuten Millimeter. Es wurde also z. B. auf der Zungenspitze eine Scheibe von ½ mm Durchmesser eben von einer anderen von 1 mm unterschieden.

§ 4. Richtigkeit der räumlichen Vorstellungen im Gebiete des Raumsinnes der Haut.

1. Es handelt sich in diesem Paragraph nicht mehr um Schwellenbestimmungen, es handelt sich im allgemeinen um Eindrücke, die oberhalb der Schwelle des Raumsinnes liegen, mit denen man aber eine Vorstellung von der Ausdehnung der Berührung verbindet. Es fragt sich nun, wie sich diese Vorstellung zu der wirklichen Ausdehnung verhält.

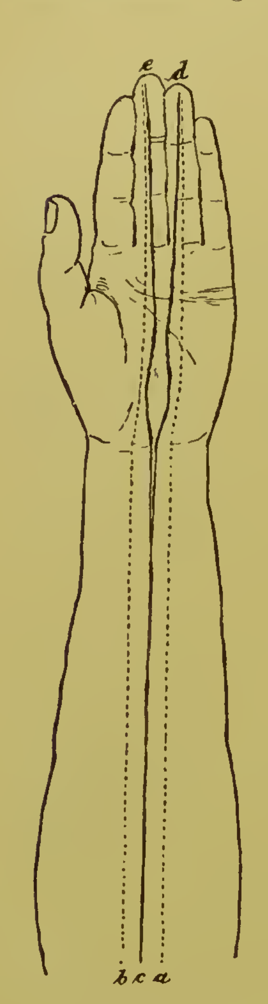


Fig. 11.

Weber (172) hat die Beobachtung gemacht, dass, wenn man die Haut mit zwei Spitzen berührt, die Distanz der beiden Punkte um desto kleiner erscheint, je grösser auf der betreffenden Hautstelle die Schwelle des Raumsinnes ist; er beschreibt folgenden Versuch, den jeder leicht wiederholen kann.

»Wenn man mit den Spitzen des geöffneten Zirkels auf der Haut eines anderen zwei parallele Linien zieht und zugleich dafür sorgt, dass beide Spitzen mit gleicher Kraft auf die Haut drücken, so glaubt der Beobachter zu fühlen, dass die Bahnen auf manchen Teilen der Haut sich einander nähern, auf anderen sich von einander entfernen. . . Wird der Zirkel z. B. so geöffnet, dass die Spitzen desselben 7—10 Pariser Linien von einander abstehen, und berührt man damit den Unterarm im Ellenbogen in querer Richtung, so glauben viele Menschen einen einzigen punktförmigen Eindruck zu fühlen. . . Bewegt man nun wie in Fig. 11 den Zirkel in steter Berührung mit der Haut über den Unterarm und über die Hand und die Finger, so beschreiben die beiden Spitzen die beiden parallelen Bahnen *ad* und *be* (Fig 11), der Beobachter dagegen glaubt zu fühlen,

dass die Zirkelspitzen die Bahn *ced* beschreiben, d. h. eine Bahn, die anfangs eine einzige Linie ist, die sich aber in der Nähe des Handgelenks in zwei Bahnen teilt, welche am Anfang der Hohlhandfläche schnell auseinander weichen, in der Mitte der Hohlhand wieder etwas convergieren und auf den Fingern von neuem divergieren« (S. 94).

»Dieselbe Erscheinung nimmt man im Gesichte wahr, wenn man mit Zirkelspitzen eines etwa 6—9 Par. Linien weit geöffneten Zirkels zuerst die Haut an der unteren Kinnlade in der Nähe des Ohrläppchens berührt, so dass die berührten Punkte senkrecht unter einander liegen.«

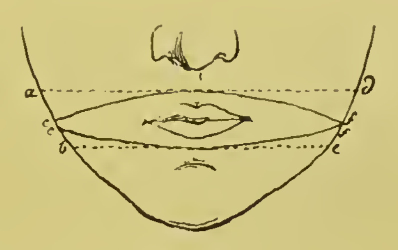


Fig. 12.

Wird nun der Zirkel so geführt, dass die beiden Spitzen die Linien *ad*, *be* durchlaufen, so glaubt die Person, dass zwei krumme Linien *c f*, *c f* beschrieben sind (Fig. 12).

2. Nach Weber ist diese Beobachtung von vielen Autoren bestätigt worden. Es haben sogar einige, wie Fechner (40) und Camerer (21), aus derselben eine Methode zur Bestimmung der Schwelle abgeleitet; es ist die Methode der Äquivalente. Nach dieser berührt man zwei Hautstellen, jede mit einer Spitzendistanz, und verändert eine der Distanzen so lange, bis sie der anderen gleich zu sein scheint. Das Verhältnis dieser gleichgross erscheinenden Distanzen sei dem Verhältnisse der Schwellen gleich. Die Resultate haben aber gezeigt, dass dieses Verhältnis gar nicht ein konstantes ist, es verändert sich mit der Grösse der Distanzen und es nähert sich im allgemeinen der Einheit, wenn die Distanzen zunehmen. Ich gebe einige Beispiele von Camerer. Es sind durch den Ausdruck $\frac{\text{Stirn}}{\text{Lippe}}$ die Werte der »Äquivalenzverhältnisse« angegeben; z. B. die erste Zeile zeigt, dass auf der Stirn eine Distanz von 9mm mit einer Distanz von $\frac{9}{1{,}67}$ auf der Lippe äquivalent erscheint.

Stirn / Lippe	für eine Distanz von	9 mm = 1,67;	für 18 mm = 1,36.
Stirn / Handrücken	» » » »	9 » = 1,02;	» 18 » = 0,97.
Lippe / 3. Phal. dorsal	» » » »	1 » = 1,050;	
»	» » » »	2,2 » = 1,055;	
»	» » » »	3,3 » = 1,044;	
»	» » » »	4,5 » = 1,033;	
»	» » » »	5,6 » = 1,029;	
»	» » » »	6,7 » = 1,024;	
Handrücken / Vola manus	» » » »	9 » = 1,017;	» 18 » = 1,045;
Handrücken / 3. Phal. dorsal	» » » »	9 » = 1,138;	» 18 » = 1,20;
Vola manus / 3. Phal. dorsal	» » » »	9 » = 1,505;	» 18 » = 1,189.

Ein weiteres Resultat CAMERER's ist folgendes: wenn man auf zwei Hautstellen *A* und *C* die äquivalenten Distanzen für eine und dieselbe Distanz auf einer dritten Hautstelle *B* bestimmt, so sind die Distanzen auf *A* und *C* unter einander nicht äquivalent. So zeigen z. B. die Versuche, dass eine Distanz von 9 mm auf dem Handrücken gleich einer Distanz von 8,8 mm auf der Vola manus und auch gleich einer Distanz von 7,8 mm auf der 3. Phalanx des Medius dorsal erscheint. Wenn man dagegen die Distanz von 8,8 mm auf der Vola manus mit jener Distanz von 7,8 mm auf der 3. Phalange vergleicht, so findet man, dass diese letztere grösser, als die erstere erscheint; denn einer Distanz von 8,8 mm auf der Vola manus entspricht auf der 3. Phalanx eine Distanz von 6 mm.

3. Die Versuche wurden in letzter Zeit von Miss WASHBURN (165) an mehreren Personen wiederholt. Sie richtete ihre Aufmerksamkeit besonders auf den Einfluss, den die Visualisation der Tasteindrücke auf das Äquivalenzverhältnis bewirkt. Die wichtigsten Resultate sind

1° Visuelle Vorstellung der Distanzen nähert das Aequivalenzverhältnis der Einheit.

2° Die von CAMERER und anderen gefundene Überlegenheit der queren Richtung gegenüber der longitudinalen besteht nur bei den-

jenigen Versuehspersonen, die gute visuellc Vorstcllungen von dcr Hautstelle und den Distanzen haben; bci dcn Blindcn und nicht visuellen Versuchspersonen fchlt sie.

4. WUNDT (173) verglich die scheinbarc Distanz dcr Spitzcn mit der wirklichen und fand, dass sic klcincr als jene ist. Dicscs Rcsultat wurde von JASTROW (75) und von WASHBURN (165) für Schende und eine Blinde bestätigt. Dass cs auch für Blindc bestcht, wcist darauf hin, dass es nicht mit dcn Gcsichtsvorstellungcn im Zusammcnhange steht. Das soebcn crwähntc Verhalten wird indessen von GOLDSCHEIDER (48) bestrittcn, er beobachtetc nämlich, dass, wenn man Druckpunkte mit Spitzen berührt, die Distanz viel grösscr crschcint, als sie wirklich ist.

Ich habe gleiehfalls bei einigen Versuchen gefunden, dass manehmal die Distanz übcrschätzt wird, und zwar findet dies besondcrs bei grossen Distanzen statt. Dies scheint mit der Vorstellung von der Grösse des berührten Körperteilcs zusammenzuhängen, wenn man z. B. die Dicke des Armes überschätzt, so kann sehr leicht eine Überschätzung dcr Distanz bei Berührung zweier Punkte des Armes stattfinden, und diese Uberschätzung verschwindet, sobald man der Versuchsperson ein Modell von ihrem Arme vorlegt; in diesem Falle findet gewöhnlich einc Unterschätzung statt. (Siehe Kapitel II, S. 131).

5. Es giebt eine Erscheinung, die wir an dieser Stellc betrachten müssen, es sind die sogenannten »Vexierfehler«. Viele Autoren haben nämlich bemerkt, dass, wenn man die Hautstclle mit einer Spitze berührt, die Versuchsperson manchmal zwci Punkte fühlt; diese Beobachtung wurde besonders bei den Bestimmungen der Schwelle des Raumsinnes nach der Methode der richtigen und falschen Fälle gemacht, wenn man zwischen die Berührungen mit den konstanten Distanzen »Vexierversuchc« einschob, bci denen dic Haut nur mit einer Spitze berührt wurde. Die Zahl der »Vcxicrfehlcr« ist individuell verschieden; dcr Kontrast zu grösseren Distanzen vcrklcincrt diese Zahl (CAMERER 20); dic Erwartung zwci Punkte zu fühlen vergrössert sic bedcutend (NICHOLS); die Ermüdung vermchrt sic glcichfalls (GRIESSBACH). Endlich haben TAWNEY und ieh Vcrsuche angcstcllt, dic gezeigt haben, dass auch dic Stclle der Berührung auf die Vcxierfchlcr einwirkt.

Ich gebe einige Zahlen. Camerer machte Versuche mit verschiedenen Distanzen, jede Reihe bestand aus 100 Berührungen mit einer gewissen konstanten Distanz, zwischen denen 100 Vexierversuche eingeschoben waren; die Prozentzahlen der Vexierfehler sind für zwei Versuchspersonen H. u. J. angegeben; die Distanzen D sind in Millimetern ausgedrückt. Man sieht aus der nachstehenden Tabelle, dass die Zahl der Vexierfehler desto kleiner war, je grösser die Distanz, das heisst der Kontrast von einem eigentlichen Versuch zu einem Vexierversuch war.

Prozentzahlen der Vexierfehler für gegebene D's.

Fingerspitze			1. Phalanx			Acromion		
D.	H.	J.	D.	H.	J.	D.	H.	J.
1 mm	8,5	7,0	2 mm	7,17	9,0	14 mm	12,57	9,43
1,5 »	4,5	3,5	3 »	4,33	7,43	17 »	9,63	8,5
2 »	2,33	2,17	4 »	2,17	5,33	20 »	8,25	8,61
2,5 »	1	1	5 »	0,67	2,0	23 »	5,25	6,0
—	—	—	7 »	0,33	2,0	25 »	3,88	5,38
—	—	—	—	—	—	30 »	4,5	3,38

Versuchsreihen mit unwissentlichem Verfahren haben viel mehr Vexierfehler ergeben, als die mit wissentlichem Verfahren; aber auch in solchen Fällen, wo die Versuchsperson wusste, dass man sie mit einer Spitze berührte, empfand sie manchmal zwei Punkte.

Ich habe ähnliche Beobachtungen bei ganz anderen Versuchen gemacht; es waren Versuche über die Lokalisation punktförmiger Berührungen. Die Versuchspersonen wussten, dass ich sie immer mit einer Spitze berührte, und doch empfanden mehrere Versuchspersonen in einigen seltenen Fällen zwei Punkte. Oft erscheinen in diesen Fällen die beiden Berührungen qualitativ nicht gleich: die eine als eine Berührung mit einem scharfen Punkte, die andere als eine Berührung wie mit dem Finger.

6. Der Einfluss des Kontrastes hat sich auch in den Versuchen von Tawney und mir gezeigt; es wurden nämlich reine und gemischte Versuchsreihen angestellt. In den reinen wurde nur mit

einer Spitze berührt, in den gemischten fand die Berührung bald mit einer, bald mit zwei Spitzen statt. In den reinen Vexierreihen traten nun mehr Vexierfehler auf, als in den gemischten, die Zahlen sind folgende:

Versuchsperson T.

	Zahl der Vexierversuche.	Zahl der Vexierfehler.
Gemischte Reihen	76	46
Reine Reihen	78	66

Versuchsperson Str.

Gemischte Reihen	38	29
Reine Reihen	78	64

Die untersuchte Hautstelle war die Mitte der Volarseite des Vorderarmes.

7. Die Empfindungen bei den Vexierfehlern sind verschiedener Art, es wurden empfunden entweder zwei (hinsichtlich der Qualität des Eindrucks) gleiche Punkte getrennt von einander, oder zwei gleiche Punkte, die mit einander vermittelst einer Linie verbunden schienen, oder zwei ungleiche Punkte getrennt, oder zwei ungleiche Punkte verbunden, oder endlich ein Punkt und daneben eine »Nebenempfindung«, als ob mit dem Finger leise die Haut berührt würde. Die Zahlen dieser verschiedenen Fälle sind in der folgenden Tabelle enthalten; es ist auch angegeben, wie weit von einander die beiden Punkte der Versuchsperson zu sein schienen; so zeigt z. B. die Tabelle, dass die Versuchsperson T. 9 Mal zwei gleiche Punkte in der Entfernung von 5 mm empfunden hatte.

Die Gesamtzahl der Vexierversuche ist für die Versuchsperson T. 154 und für Str. 116.

8.

Urteile	Versuchsperson T. Scheinbare Entfernung der Punkte: neben	5 mm	10 mm	15 mm	20 mm	Summe	Versuchsperson Str. Scheinbare Entfernung der Punkte: neben	5 mm	8 mm	10 mm	15 mm	20 mm	25 mm	30 mm	Summe
Gleiche Punkte getr.	7	9	11	4	7	38	3	6	12	14	7	6	1	1	50
» » verb.	5	4	7	3	5	24	6	7	3	4	3	1	—	—	24
Versch. » getr.	5	4	6	8	12	35	3	6	3	—	3	2	1	—	18
» » verb.	—	—	2	1	1	4	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1 P. mit Nebenempf.	1	1	5	3	1	11	—	—	1	—	—	—	—	—	1
Summe	18	18	31	19	26	112	12	19	19	18	13	9	2	1	93

Die nebenstehende Tabelle zeigt, dass bei T. die scheinbare Entfernung nie mehr als 20 mm war und bei Str. nie mehr als 30 mm, dies sind Werte, die kleiner als die Schwellendistanzen sind. Nichols (119) hat ein ähnliches Resultat auf verschiedenen Hautstellen gefunden.

Unsere Versuche haben auch gezeigt, dass die Vexierfehler in einer gewissen Abhängigkeit zu der Lage der berührten Punkte auf der Haut stehen können. Es wurden zwei Punkte A und B auf der Mitte des Vorderarmes (Volarseite) gewählt, diese Punkte wurden in den verschiedensten Reihenfolgen mit einer Spitze berührt; die Versuchsperson musste jedes Mal vollständig ihre Empfindung beschreiben. Es ergab sich, dass hinsichtlich der Häufigkeit der Vexierfehler für die Punkte A u. B kein Unterschied bestand, aber es zeigte sich ein deutlicher Unterschied hinsichtlich der gegenseitigen Lage der beiden Punkte des Vexierfehlers. In der That zeigt die nachstehende Tabelle, dass bei 31 Vexierfehlern, die bei der Berührung von A begangen wurden, die Punkte 5 Mal in longitudinaler (l)

Datum	Distanz *AB*	Zahl d. Vexier-versuche	Zahl der Vexierfehler			Richtung für *A*	Richtung für *B*	Beide Punkte gleich			Beide Punkte verschieden		
			A	*B*	Summe			*A*	*B*	Summe	*A*	*B*	Summe
13. III. 95	25 mm	12	4	5	9	4 l.	2 l., 3 q.	4	5	9	—	—	—
14. III. 95	42 »	19	6	7	13	1 l., 4 q., 1 d.	7 l.	2	5	7	4	2	6
15. III. 95	42 »	9	6	2	8	6 q.	1 l., 1 q.	—	1	1	6	1	7
16. III. 95	42 »	6	3	3	6	3 q.	1 l., 2 q.	1	1	2	2	2	4
18. III. 95	42 »	10	3	5	8	3 q.	4 l., 1 q.	1	3	4	2	2	4
19. III. 95	42 »	9	4	5	9	4 q.	2 l., 2 q., 1 d.	—	4	4	4	1	5
22. III. 95	42 »	13	5	8	13	5 q.	3 l., 5 q.	2	4	6	3	4	7
Summe		78	31	35	66	5 l., 25 q., 1 d.	20 l., 14 q., 1 d.	10	23	33	21	12	33

und 25 Mal in querer (q) Richtung zu liegen schienen, dagegen für die Vexierfehler bei der Berührung von *B* 20 Mal in longitudinaler

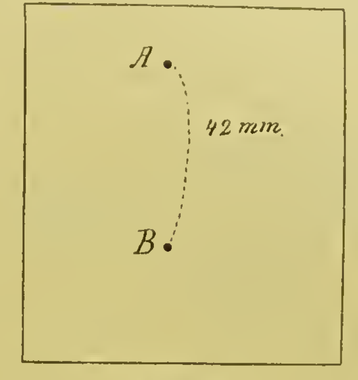


Fig. 13.

und 14 Mal in querer Richtung. Dieser Unterschied ist kein zufälliger, man sieht es, wenn man die einzelnen Reihen für sich nimmt, wo überall derselbe Unterschied vorhanden ist.

In der Tabelle bedeutet l longitudinale, q quere, d diagonale Richtung.

Die Tabelle zeigt auch einen deutlichen Unterschied in den Vexierfehlern für *A* und für *B* in Bezug auf die Gleichheit oder Verschiedenheit der wahrgenommenen Punkte. Es wurden nämlich bei der Berührung von *A* 10 Mal zwei gleiche und 21 Mal zwei verschiedene Punkte wahrgenommen, bei der Berührung

von B 23 Mal zwei gleiche und 12 Mal zwei verschiedene Punkte. Endlich haben wir Versuchsreihen ausgeführt, in denen der Versuchsperson gesagt wurde, dass man wissentlich arbeiten werde; es zeigte der Versuchsleiter der Versuchsperson vor jedem Versuch eine Spitzendistanz und sagte, dass er mit dieser Distanz berühren werde. In Wirklichkeit aber berührte er mit einer anderen Distanz oder auch nur mit einer Spitze. Diese Versuche haben den bedeutenden Einfluss der sicheren Erwartung gezeigt. Es wurde nämlich die Zahl der Vexierfehler erheblich grösser, und die scheinbare Distanz wurde desto grösser, je beträchtlicher die erwartete war. Wir glauben nach diesen Versuchen das wissentliche Verfahren für unanwendbar auf dem Gebiete des Raumsinnes der Haut erklären zu müssen.

9. Es giebt zwei verschiedene Erklärungen für das Zustandekommen der Vexierfehler; die eine sagt, dass der Ursprung derselben in rein physiologischen Erregungsvorgängen bestehe, es seien Mitempfindungen oder Irradiationen der Empfindung (Wundt, G. E. Müller); die andere Theorie erklärt die Vexierfehler durch psychische Vorgänge wie Kontrast, Erwartung u. dergl. (Camerer, Fechner, Nichols).

Wir glauben auf Grund der obigen Betrachtungen und auch auf Grund der Thatsache, dass bei Strychninvergiftungen und einigen Nervenkrankheiten (Tabes, Rückenmarksverletzungen, multiple Lateralsclerose, Neuritis etc.) eine Berührung als mehrfach empfunden wird, behaupten zu können, dass 1. die Vexierfehler an rein physiologische Ursachen gebunden sind, 2. ihr Vorkommen aber in beträchtlicher Weise durch wissentliches Verfahren beeinflusst wird.

10. Wir haben in den bisherigen Ausführungen angenommen, dass eine Hautstelle mit beiden Spitzen berührt wird. Es ist nun wichtig auch die Fälle zu betrachten, in denen zwei Hautstellen, deren Entfernung von einander durch Bewegung eines Gliedes (Fingers z. B.) verändert werden kann, mit je einer Spitze berührt werden. Das beste Beispiel liefert der Fall, wo man zwei Finger mit je einer Spitze berührt; die Finger können dann in verschiedene Lagen zu einander gebracht werden, so dass sich die Entfernung und Lage der berührten Punkte ändert. Es fragt sich nun, ob sich hierbei auch die scheinbare Lage der Punkte ändert, und eventuell wie sich

hierbei die Veränderung der scheinbaren Lage der Punkte zu der wirklichen Veränderung verhält?

Allgemein bekannt ist der Versuch von Aristoteles, der darin besteht, dass man zwei Finger kreuzt, und einen kleinen Gegenstand zwischen die Spitzen der gekreuzten Finger legt. Die Berührung scheint dann nicht von einem, sondern von zwei Gegenständen, die ziemlich weit von einander zu liegen scheinen, auszugehen. Die Figur 24 zeigt den Versuch. Die »Illusion« ist an mehreren Stellen von Aristoteles beschrieben. In der »Metaphysik« (Buch III, Kap. 6 u. Buch X, Kap. 6) wird sie zur Widerlegung der Ansicht von Protagoras angeführt. In den Problemata sucht Aristoteles auch eine Erklärung dieser »Illusion« zu geben, dabei vergleicht er sie mit dem Doppeltsehen bei starker Konvergenz der Augen und bemerkt, dass bei normaler Lage die entgegengesetzten Ränder der Finger nie von einem und demselben Gegenstande berührt werden.

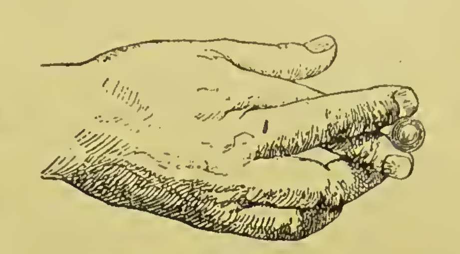


Fig. 14.

»Item perplexis digitis, quamvis quod unum est duo appareat, tamen esse duo neutiquam dicimus, quia visus superior tactu est: quodsi vero solus tactus esset et duo esse quod unum est judicaremus. Causa autem circumventionis ita est, quod non tantum quoties sensile movetur, quaelibet apparere solent, sed etiam quoties sensus ipse movetur, si eodem modo moveatur quo solet a sensili moveri: sic verbi causa littus videtur navigentibus moveri, dum visus ab alio movetur.«)De insomniis. Kap. II. Ende.)

11. Es giebt wenige psychologische Versuche, die so oft wie der Aristotelische von Philosophen und Physiologen citiert worden sind, aber es ist auch interessant zu bemerken, dass kein Autor diese »Illusionen« näher untersucht hat, man hat sich mit allgemeinen Beobachtungen begnügt, um sehr allgemeine Schlüsse daraus zu ziehen und sogar darauf eine Theorie zu bauen. Von den älteren Autoren, die über den Versuch von Aristoteles geschrieben haben, will ich nur Descartes citieren, da seine Erklärung von einigen späteren Philosophen und besonders Physiologen angenommen wurde, oft sogar ohne dabei zu erwähnen, dass sie von Descartes stammt.

»En même façon que, touchant la petite boule *G*, des deux doigts *A* et *D* croisés l'un sur l'autre, on en pense toucher deux, à cause que pendant que ces doigts se retiennent l'un l'autre ainsi croisés, les muscles de chacun d'eux tendent à les écarter, *A* vers *C* et D vers *F*, au moyen de quoi les parties du cerveau d'où viennent les nerfs qui sont insérés en ces muscles, se trouvent disposées en la façon qui est requise pour faire qu'ils semblent être *A* vers *B* et *D* vers *E* et par conséquent y toucher deux diverses boules *H* et *J*.« (Dioptrique, p. 65 von der Ausg. von Cousin, Bd. 5.)

12. Einige neue Beobachtungen über die Illusion von Aristoteles sind von Czermak (27) 1855, von Robertson (129) 1879 und von Rivers (128) 1894 gemacht worden.

Czermak schreibt Folgendes: »Stellt man nämlich den Versuch mit gekreuzten Fingern der rechten Hand an, und hat das vermeintliche Doppelfühlen des einfachen Tastobjektes einen hinreichend hohen Grad von Illusion erreicht, (die Täuschung tritt bekanntlich mit wechselndem Deutlichkeitsgrade auf, ja sie kann sogar ganz verschwinden, wenn man sich die ungewöhnliche Lage der Finger vergegenwärtigt und in Rechnung bringt), so wird man finden, dass das rechts erscheinende Tastbild von dem Eindruck der linken Seite des Tastobjektes auf den links liegenden Ulnarrand des Mittelfingers, das links erscheinende Tastbild hingegen von dem Eindrucke der rechten Seite des Tastobjektes auf den rechts liegenden Radialrand des Zeigefingers bedingt ist. Denken wir uns das einfache Kügelchen in zwei nebeneinander liegende, ein rechtes und ein linkes zerschnitten, so ist es hiernach selbstverständlich, dass im Tastbilde das rechte Kügelchen links, das linke rechts erscheinen müsse, dass wir somit das Nebeneinander der Tastobjekte in verkehrter Ordnung wahrnehmen, dass wir mit einem Worte »verkehrt fühlen«. (Czermak, Schriften, I, 1 S. 347). Er vergleicht dann weiter diese Erscheinung mit der Umkehrung des Netzhautbildes, und beschreibt eine ähnliche Illusion auf den Lippen: man verschiebe die Lippen an einander, indem man die eine derselben nach rechts, die andere nach links zieht; wenn man dann die beiden Lippen mit zwei senkrecht übereinander stehenden Punkten berührt, so empfindet man zwei Punkte, die in einer diagonalen Richtung zu einander stehen, und diese Richtung ist der Verschiebung entgegengesetzt, so

z. B.: hat man die Oberlippe nach rechts, die Unterlippe nach links verschoben, so scheint der obere Punkt links, der untere rechts zu liegen.

13. Robertson (129) machte die Beobachtung, dass, wenn man bei gekreuzter Lage der Finger zuerst den einen und dann den andern in nebeneinander liegenden Punkten berührt, man die beiden Eindrücke an verschiedene Orte des Raumes verlegt; der eine Punkt scheint rechts und höher, der andere links und tiefer zu liegen. In Hinblick hierauf will der genannte Forscher die Illusion von Aristoteles dadurch erklären, dass man die beiden Eindrücke in verschiedene Orte des Raumes verlegt: »we perceive the contacts as double because we refer them to two distinct points of space«. Endlich hat Rivers (128) beobachtet, dass, wenn man die gekreuzten Finger mit zwei entfernten Spitzen berührt, man zwei sehr nahe liegende Punkte empfindet; wenn man dagegen mit zwei nahen Spitzen berührt, so scheinen die beiden Punkte viel weiter von einander zu liegen.

14. Wie man sieht, liegen nur vereinzelte Beobachtungen ohne systematische Durchführung der Versuche vor. Ich habe in dem psychologischen Institute zu Göttingen einige Reihen von Versuchen über diesen Gegenstand angestellt. Ausser mit den fünf normalen Versuchspersonen, die die Güte hatten an diesen manchmal ermüdenden Versuchen teil zu nehmen, machte ich auch Versuche mit zwei Blinden: einem im 6. Lebensmonate völlig erblindeten jungen Manne von 18 Jahren, der lesen und schreiben kann, und an einer Frau von 40 Jahren, die auch im sechsten Monate erblindete und auch lesen und schreiben kann. Beide Blinde kennen einander nicht, konnten also nicht über die Versuche mit einander sprechen.

Wenn man zwei Punkte, den einen auf der 3. Phalanx des Mittelfingers, den andern auf der 3. Phalanx des Ringfingers berührt, so kann die Versuchsperson zwei Arten von Urteilen abgeben.

1. Sie kann auf die relative Lage der beiden Punkte zu einander achten. Dabei kann sie, im allgemeinen, sehr leicht von der Vorstellung der Lage der Finger und von der Lage der berührten Punkte auf den Fingern abstrahieren, wie die Versuche gezeigt haben.

2. Sie kann auf die berührten Stellen ihre Aufmerksamkeit

wenden, also sich visuell anstellen oder auf einer Zeichnung angeben, wo jeder Finger ihr berührt zu sein scheint.

15. Hier werde ich nur die Versuche der ersten Art besprechen, im 11. Kapitel werden die »Lokalisationsversuche« zur Sprache kommen (S. 132). Ich machte die Versuche an der rechten Hand; einige Versuche an der linken haben gezeigt, dass kein deutlicher Unterschied zwischen beiden Händen besteht. Die Versuchsperson sass vor einem Tische mit der Frontalebene parallel der Kante des Tisches, sie hielt ihren rechten Arm gestreckt vor sich, so dass der Vorderarm auf dem Tische ruhte; die Richtung des Vorderarmes war sagittal. In einigen Reihen war die Volarseite des Vorderarmes und der Hand nach oben gerichtet, in den anderen lag der Vorderarm auf einem 20 cm über dem Tische stehenden Gestell mit der Volarseite nach unten gerichtet. In dieser letzteren Lage ragten die Finger etwas nach vorne vor, so dass man leicht die Vorlarseite der Finger von unten berühren konnte. Ein Schirm verdeckte der Versuchsperson den rechten Arm. Das Verfahren war ein vollständig unwissentliches, die Versuchsperson wusste, dass ich sie gewöhnlich mit zwei Spitzen berührte, aber wie diese Spitzen gestellt wurden, und was der Zweck der Versuche war, wusste sie bis zur Beendigung aller Versuche nicht. Die Versuchspersonen wurden bei allen diesen Versuchen gebeten, möglichst wenig an die Lage der Finger und an die berührten Hautstellen zu denken, sondern zu versuchen, sich die Punkte, als allein im Raume liegend, ohne Finger, vorzustellen. Es wurden bei den Versuchen nur die Volarseiten der dritten Phalangen der Finger mit stumpfen Spitzen berührt. Zuerst wählte ich für die Versuche den Zeige- und Mittelfinger, aber nach einer Anzahl von Versuchen stellte es sich heraus, dass diese beiden Finger nicht ganz als gleichwertig zu betrachten sind. Der Index wird nämlich beim Tasten viel mehr gebraucht, als der Mittelfinger; ferner steht er am Rande der Hand, das heisst, es steht kein Finger neben ihm, der Mittelfinger steht dagegen zwischen zwei Fingern. Alle diese Umstände haben mich darauf geführt, zwei andere Finger zu wählen, nämlich den Mittel- und Ringfinger; ich bemerke aber zugleich, dass alle Resultate, die weiterhin angegeben sind, beim Index und Mittelfinger ebenso deutlich hervortreten.

Zwei Lagen wurden neben einander gebraucht: die n o r m a l e

Lage, bei der die beiden Finger nebeneinander gestreckt waren, und die gekreuzte Lage, bei welcher der Mittelfinger (als der längere) über den Ringfinger geschlagen war. Die Kreuzung wurde immer von mir ausgeführt, und die Finger blieben dann ganz von selbst in der gekreuzten Lage. Nach jedem Versuch bewegte die Versuchsperson Hand und Finger. Es wurden auf beiden Fingern zwei Punkte mit Tinte notiert, um die Grösse der Kreuzung immer gleich zu machen; bei den späteren Versuchen wurden diese Punkte mit Silbernitrat geschwärzt, so dass ich sicher war, dass in einer Reihe von Versuchstagen die Kreuzung immer gleich stark war. Die Zahl der sämtlichen Versuche beträgt 1920, die sich folgendermassen verteilen: C. Henri — 230. Dr. Jost — 100, Miss Martin — 717; Prof. G. E. Müller — 321; Dr. Pilzecker — 352; die beiden Blinden zusammen — 200. Ausserdem wurden 138 Versuche mit Dr. Jost gemacht, bei denen die beiden Finger nicht mit Spitzen, sondern mit Linien berührt wurden. Ich gehe zur Darstellung der Versuchsreihen und der Resultate über.

16. 1. Reihe. Ich kreuze die Finger der Versuchsperson und berühre sie mit zwei Spitzendistanzen nach einander; die Versuchsperson muss nur auf die Distanz der Punkte achten, und muss die zweite Distanz mit der ersten vergleichen; die Urteile sind von sieben verschiedenen Arten: deutlich grösser, grösser, gleich oder grösser, gleich, gleich oder kleiner, kleiner, deutlich kleiner.

Die Distanzen, die gebraucht wurden, sind bei einer Versuchsperson (Miss Martin): 1, 4, 8, 12, 16, 20 mm; bei den anderen zwei Versuchspersonen (Prof. Müller und Dr. Pilzecker) kommt noch die Distanz von 24 mm dazu. Bei allen diesen Versuchen hält die Versuchsperson die Hand mit der Dorsalseite nach oben, und es werden die Volarseiten des Medius und des Ringfingers von unten berührt. Die Spitzen werden gleichzeitig mit gleicher Stärke aufgesetzt; sie werden quer zur Spalte zwischen den dritten Phalangen der gekreuzten Finger gestellt; die Dauer des Eindrucks hängt von der Versuchsperson ab, sie wurde nämlich gebeten, das Wörtchen »ja« oder »gut« auszusprechen, wenn sie die Grösse der Entfernung behalten zu können glaubte. Die zweite Spitzendistanz wurde etwa 2 Sekunden nach der ersten aufgesetzt. Die Versuchsperson konnte um Wiederholung des Versuches bitten, wenn irgend eine Störung vorhanden war. Die Distanzen wurden in verschiedenen Kombina-

tionen miteinander verglichen, ich gebe ein Beispiel der ausgeführten Reihen.

1. Distanz	2. Distanz	1. Distanz	2. Distanz	1. Distanz	2. Distanz
8 mm	1 mm	1 mm	16 mm	1 mm	1 mm
8 »	4 »	4 »	16 »	4 »	4 »
8 »	8 »	8 »	16 »	8 »	8 »
8 »	12 »	12 »	16 »	12 »	12 »
8 »	16 »	16 »	16 »	16 »	16 »
8 »	20 »	20 »	16 »	20 »	20 »

Es wurde also sowohl die Zeitlage, wie auch der Kontrast von einem Versuch zum anderen so variiert, dass deren Einfluss eliminiert wurde. Die Versuche zeigten sehr deutlich, *dass die grösseren Distanzen kleiner erschienen als die kleineren*; z. B. wenn man mit einer Distanz von 4 mm und dann mit der Distanz von 16 mm berührt, so scheinen der Versuchsperson die beiden letzten Punkte näher an einander zu sein als die ersten: je näher die berührten Punkte zu einander sind, desto weiter erscheinen sie der Versuchsperson. In der folgenden Tabelle sind die Zahlen der verschiedenen Antworten gegeben; die erste Kolumne giebt die Grössenunterschiede der beiden Distanzen an.

Man sieht, dass die Resultate recht deutlich sind; bei den Blinden wurden dieselben Resultate mit derselben Deutlichkeit erhalten. Ich mache darauf aufmerksam, dass die Punkte, die bei der *gekreuzten* Lage weiter von einander entfernt sind, bei der *normalen* Lage der Finger einander näher sind, und umgekehrt. Bezeichnen wir zum Beispiel die berührten Punktpaare auf den Fingern mit 1,1; 2,2; 3,3; 4,4, so stehen die Punkte bei der *gekreuzten* Lage in denjenigen relativen Entfernungen zu einander, welche die *obere* Figur 15 zeigt, in welcher der vertikale Strich die Grenze der Finger

Fig. 15.

Distanzen-Unterschiede	Miss Martin							Prof. Müller							Dr. Pilzecker						
	d.gr.	gr.	gl.gr.	gl.	gl.kl.	kl.	d.kl.	d.gr.	gr.	gl.gr.	gl.	gl.kl.	kl.	d.kl.	d.gr.	gr.	gl.gr.	gl.	gl.kl.	kl.	d.kl.
Beide gleich	—	1	2	26	2	1	—	—	4	11	7	10	3	1	—	2	2	21	5	8	—
Zweite 4 mm grösser. . .	—	—	—	4	7	7	—	—	1	1	3	2	11	3	—	1	1	6	7	6	1
» 8 » » . . .	—	—	—	—	1	13	—	—	—	1	—	3	10	4	—	2	1	2	4	6	3
» 12 » » . . .	—	—	—	1	1	6	2	—	—	—	1	—	6	5	—	—	—	1	2	4	7
» 16 » » . . .	—	—	—	—	—	5	1	—	—	1	—	1	2	6	—	—	—	—	1	2	7
» 20 » » . . .	—	—	—	—	—	2	—	—	—	—	—	—	1	5	—	—	—	—	1	2	3
» 24 » » . . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	—	—	—	—	—	1	1
Zweite 4 mm kleiner. . .	—	4	4	10	—	—	—	1	14	4	1	1	1	—	1	10	4	4	—	3	—
» 8 » » . . .	—	11	2	1	—	—	—	9	7	1	—	1	—	—	9	6	1	—	1	1	—
» 12 » » . . .	2	5	1	2	—	—	—	8	6	—	—	—	—	—	8	6	—	—	—	—	—
» 16 » » . . .	1	5	—	—	—	—	—	9	1	—	—	—	—	—	8	2	—	—	—	—	—
» 20 » » . . .	1	1	—	—	—	—	—	6	—	—	—	—	—	—	6	—	—	—	—	—	—
» 24 » » . . .	—	—	—	—	—	—	—	2	—	—	—	—	—	—	2	—	—	—	—	—	—
Summe für die Fälle, wenn die zweite grösser war. .	—	—	—	5	9	33	3	—	1	3	4	6	30	25	—	3	2	9	15	21	22
Summe für die Fälle, wenn die zweite kleiner war. .	4	26	7	13	—	—	—	35	28	5	1	2	1	—	34	24	5	4	1	4	—

darstellt; bei der normalen Lage der Finger hingegen entspricht die Ordnung dieser Punkte der unteren Figur 15. Die obigen Versuche zeigen also, dass, wenn man bei gekreuzter Lage z. B. die Punkte 1,1 und dann die Punkte 4, 4 berührt, die ersteren weiter von einander entfernt, als die letzteren erscheinen, das heisst: die Distanzverhältnisse der scheinbaren Punkte bei der gekreuzten Lage entsprechen den Distanzverhältnissen der wirklichen Punkte bei der normalen Lage.

17. 2. Reihe. Es handelte sich darum, zu bestimmen, in welcher Lage zu einander die beiden berührten Punkte uns erscheinen. Die Versuchsperson hielt in der linken Hand einen Zirkel, es wurden zwei Punkte auf den Fingern der rechten Hand berührt, und die Versuchsperson musste während der Berührung die Spitzen des Zirkels zu einander so stellen, wie ihr die berührten Punkte im Raume zu liegen schienen, d. h. sie musste die Entfernung und die Richtung der berührten Punkte angeben. Da die Versuche nach dieser Methode zeigten, dass das Urteil von der Dauer der Berührung abhängig sein kann, d. h. dass die Entfernung und Richtung, in der die Punkte erscheinen, mit der Zeit sich etwas ändert, so wurde der Zirkel durch eine Reihe von Spitzendistanzen ersetzt: die Versuchsperson hatte vor sich auf dem Tische eine Reihe von 15 Spitzendistanzen (Fig. 16) und musste diejenige Distanz auswählen, die ihr gleich der Entfernung der berührten Punkte zu sein schien, und dieselbe so stellen, wie die Punkte im Raume zu liegen schienen. Die 15 Spitzendistanzen hatten folgende Grössen: 1, 2, $3\frac{1}{2}$, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 20, 23, 26, 30, 35 mm. Die berührten Punkte waren mit Silbernitrat markiert, sodass sie wochenlang zu sehen waren und ich sicher war, immer mit denselben Entfernungen zu operieren. Ich gebe hier ein Beispiel für eine Versuchsperson (Fig. 17).

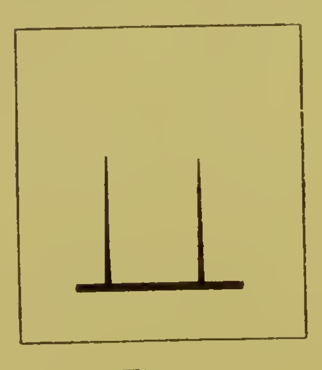


Fig. 16.

Die Pfeile geben die Richtung an, und in den Klammern sind die Nummern der korrespondierenden Punkte auf der Figur 17 angegeben. Die Punkte (1, 3) und (2, 4) fallen bei der Kreuzung der Finger zusammen; es sind also fünf verschiedene Distanzen. Jede

Versuchsreihe umfasst fünf Tage mit 20 Versuchen täglich; von diesen 20 Versuchen sind 10 bei der normalen und 10 bei der gekreuzten Lage gemacht; in zwei aufeinander folgenden Versuchen wird dasselbe Punktpaar bei normaler und bei gekreuzter Lage berührt.



Fig. 17.

Distanz und Richtung der Punkte in d. normalen Lage (Fig. 17)	Dist. u. Richt. derselben P. in der gekreuzten Lage
1) 4 mm ⟷ (5,6)	23 mm ⤢ 50°
2) 12 » ⟷ (7,8)	15 » ⤢ 55°
3) 16 » ⤢ 55° (9,10)	12 » ⟷
4) 16 » 40° ⤡ (11,12)	24 » ⤢ 65°
5) 23 » ⤢ 45° (13,14)	2 » ⟷

Den Plan der Versuche zeigt nachstehende Tabelle, in welcher *N* die normale und *G* die gekreuzte Lage und 1, 2, 3, 4, 5 die fünf berührten Punktpaare bezeichnen.

I. Tag	N. 1, G. 1;	N. 2, G. 2;	N. 3, G. 3;	N. 4, G. 4;	N. 5, G. 5;	Pause;
	G. 1, N. 1;	G. 2, N. 2;	G. 3, N. 3;	G. 4, N. 4;	G. 5, N. 5.	;
II. Tag	G. 5, N. 5;	G. 4, N. 4;	G. 3, N. 3;	G. 2, N. 2;	G. 1, N. 1;	Pause
	N. 5, G. 5;	N. 4, G. 4;	N. 3, G. 3;	N. 2, G. 2;	N. 1, G. 1.	
III. Tag	G. 1, N. 1;	G. 2, N. 2;	G. 3, N. 3;	G. 4, N. 4;	G. 5, N. 5;	Pause;
	N. 1, G. 1;	N. 2, G. 2;	N. 3, G. 3;	N. 4, G. 4;	N. 5, G. 5.	
IV. Tag	N. 5, G. 5;	N. 4, G. 4;	N. 3, G. 3;	N. 2, G. 2;	N. 1, G. 1;	Pause;
	G. 5, N. 5;	G. 4, N. 4;	G. 3, N. 3;	G. 2, N. 2;	G. 1, N. 1.	
V. Tag	N. 1, G. 1;	N. 2, G. 2;	N. 3, G. 3;	N. 4, G. 4;	N. 5, G. 5;	Pause;
	G. 1, N. 1;	G. 2, N. 2;	G. 3, N. 3;	G. 4, N. 4;	G. 5, N. 5.	

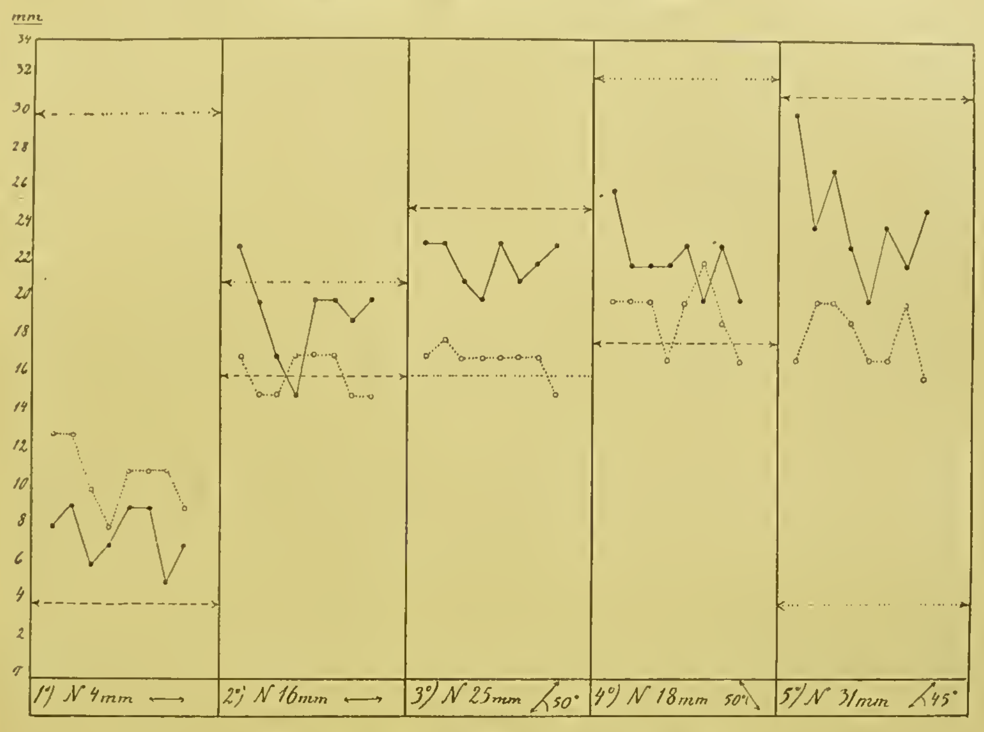
Es wird also jedes Punktpaar 10 Mal bei normaler und 10 Mal bei gekreuzter Lage berührt. Ich gehe zu den Resultaten über:

18. Die scheinbare Entfernung der berührten Punkte. Die scheinbare Entfernung der Punkte bei der normalen Lage der Finger weicht wenig von der wirklichen Entfernung ab. Wir haben früher gesehen, dass bei Berührung zweier Punkte einer Hautstelle die Entfernung dieser Punkte im allgemeinen zu klein geschätzt wird (Wundt, Jastrow). Hier ist diese Regel nicht anwendbar, denn es wird ein Punkt auf der 3. Phalange des Mittelfingers und ein Punkt auf der 3. Phal. des Ringfingers berührt, die Entfernung hängt von der relativen Lage der beiden Finger zu einander ab. Ferner ist der Mittelfinger etwa 5 mm länger, als der Ringfinger; die Versuchsperson kann das richtig bemerkt haben, sie kann aber auch den Unterschied in der Länge der Finger überschätzen oder unterschätzen; endlich kann auch die Vorstellung von der Länge der 3. Phalanx eine falsche sein, wie die Versuche gezeigt haben. Diese Irrtümer in den Vorstellungen beeinflussen sehr stark die scheinbare Entfernung der beiden Punkte, und es ist interessant zu sehen, dass dieser Einfluss nicht nur bei den Sehenden, sondern auch bei den zwei Blinden zu bemerken war. Die Blinden liess ich die Grösse der Distanz entweder mit Worten beschreiben oder mit Hülfe eines Zirkels angeben. Es erscheint im allgemeinen der Versuchsperson der Ringfinger sehr wenig (2 mm etwa) kürzer, als der Mittelfinger. Ferner stellt man sich gewöhnlich die 3. Phalanx zu gross vor; die Fehler, die dadurch entstehen, sind leicht einzusehen. Ich berühre z. B. einen Punkt an der Spitze des Ringfingers und einen anderen auf dem Mittelfinger neben der Leiste zwischen der 3. und 2. Phalanx (Punkte 11, 12 auf Figur 17), die wirkliche Entfernung und Richtung ist 16 mm 40° ↖. Da der Versuchsperson die Spitze des Ringfingers weiter nach vorne zu liegen scheint, und sie die Länge der 3. Phalange des Mittelfingers überschätzt, so wird auch die scheinbare Entfernung der Punkte grösser als die wirkliche sein.

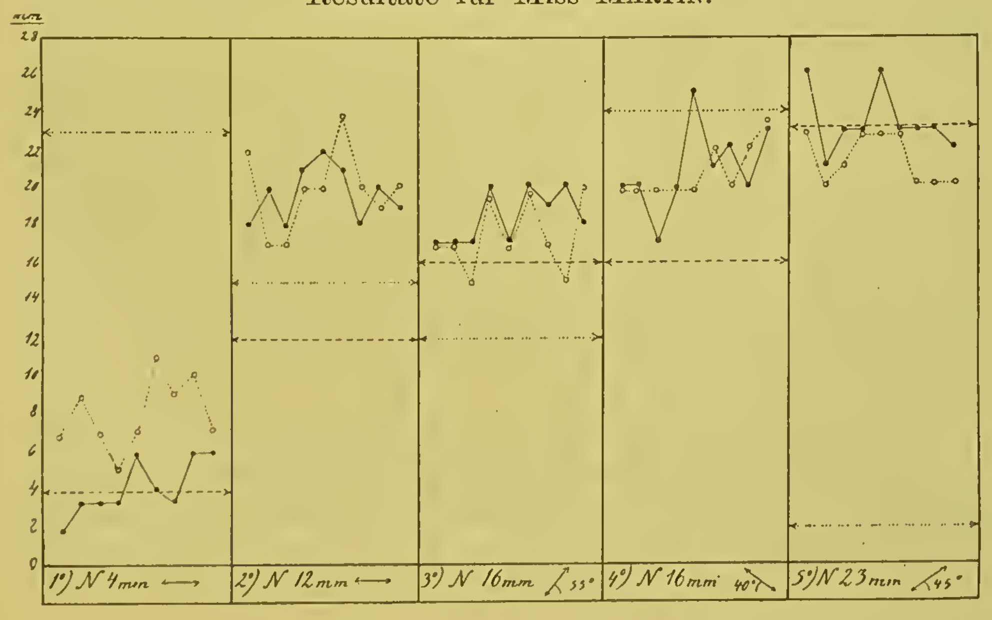
Ich betone, dass dieser Fehler auch dann besteht, wenn die Versuchsperson sich die Finger nicht vorstellt und so zu sagen ganz unmittelbar die Distanz angiebt. Die Vorstellung der Finger kann sogar manchmal den Fehler korrigieren, nämlich dann, wenn man die Versuchsperson bittet, zuerst ihre Finger aufmerksam zu betrachten und dann während der Berührung sich die Finger vorzustellen; in diesen Fällen wird der Fehler viel geringer, wie eine Anzahl von Versuchen gezeigt hat.

Nach dem hier Dargelegten ist zu erwarten, erstens dass die individuellen Unterschiede gross sind, und zweitens dass von einem Versuch zum anderen die Angaben schwanken. Die Versuche haben in der That die Erwartungen bestätigt. Ich gebe einige Resultate für drei Versuchspersonen in den nachstehenden Kurven. Mit

Resultate für Prof. Müller.

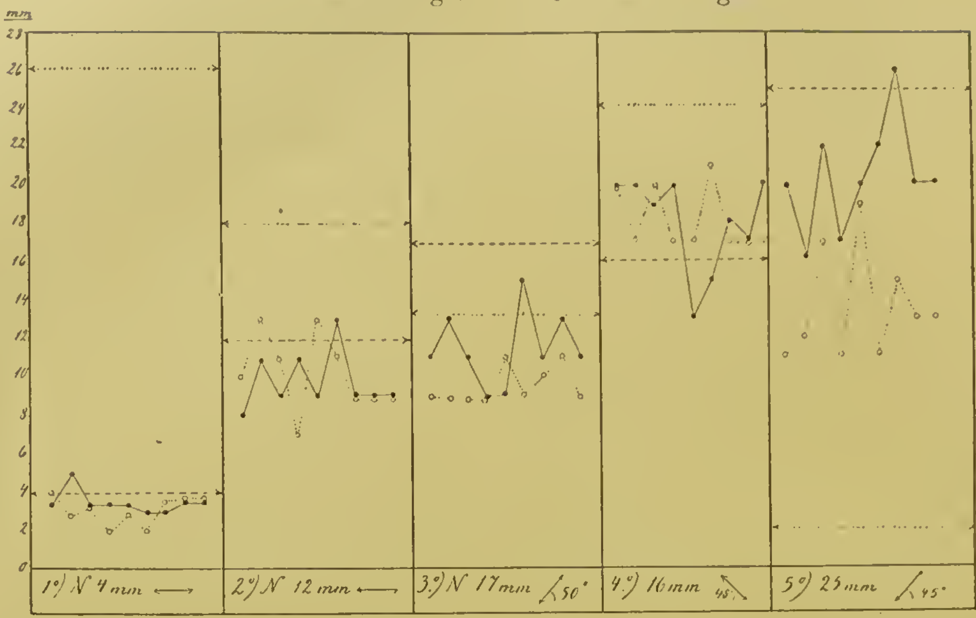


Resultate für Miss Martin.



Resultate für C. Henri.

— Normale Lage. ······· Gekreuzte Lage.



vollen Linien sind die Distanzangaben bei normaler Lage der Finger, und mit punktierten Linien diejenigen für die gekreuzte Lage angegeben. Als Ordinaten sind die Distanzen in Millimetern aufgetragen, und in der Abscissenrichtung folgen die Angaben der verschiedenen Versuche hintereinander. Die gestrichelten Linien («---») geben die wirkliche Distanz der Punkte an. Man sieht z. B., dass C. Henri bei Berührung zweier Punkte in der Entfernung von 12 mm folgende Distanzen bei normaler Lage angegeben hat: 8, 11, 9, 11, 9, 13, 9, 9, 9 Millimeter.

Wenn wir jetzt die Distanzangaben bei der gekreuzten Lage der Finger betrachten, so fällt sofort auf, dass dieselben wenig von den Distanzangaben bei der normalen Lage abweichen. An den Kurven sieht man sofort, dass die punktierten Linien nahe zu den vollen sind und sogar manchmal mit denselben zusammenfallen, obgleich die wirkliche Distanz der Punkte bei gekreuzter Lage sehr beträchtlich von der Distanz derselben Punkte bei der normalen Lage verschieden ist.

Die Mehrzahl der Versuche zeigt wohl, dass, wenn bei der normalen Lage die Punkte einander sehr nahe sind (4 mm), sie bei der gekreuzten Lage etwas weiter von einander zu liegen scheinen; wenn dagegen die Punkte bei der gekreuzten Lage einander sehr nahe sind

(2 mm), so scheinen sie bei der normalen Lage etwas weiter von einander zu liegen. Aber diese Unterschiede in den scheinbaren Entfernungen sind etwa 4—5 mm; die Unterschiede der wirklichen Entfernungen dagegen bei gekreuzter und normaler Lage betragen mehr als 20 mm.

Die individuellen Unterschiede sind übrigens ziemlich gross; für C. Henri besteht ein deutlicher Unterschied in den scheinbaren Entfernungen nur für den letzten Fall (*G.* 2 mm, *N.* 26 mm), für die anderen Distanzen sind keine konstanten Differenzen zu merken. Für Prof. Müller scheint im ersten Falle (*N.* 4 mm, *G.* 30 mm) die Entfernung der Punkte bei gekreuzter Lage etwas grösser zu sein, in allen übrigen Fällen erscheint die Entfernung bei gekreuzter Lage kleiner, als bei normaler. Endlich für Miss Martin sind die eben beschriebenen Unterschiede für den ersten und für den letzten Fall vorhanden, in den andern Fällen sind oft die Angaben der Entfernung bei der normalen Lage gleich denjenigen bei der gekreuzten Lage.

Alle Versuchspersonen haben beobachtet, dass es viel leichter ist, die Entfernungen bei der normalen Lage, als bei der gekreuzten anzugeben; bei der gekreuzten Lage schwankt manchmal die scheinbare Entfernung, sie verändert sich etwas, wenn man den Druck stärker oder schwächer macht, oder wenn man die Spitzen nicht ganz gleichzeitig aufsetzt. Näher habe ich diese Veränderungen nicht untersucht. Das allgemeine Resultat für die Entfernungen lautet also: wenn man zwei Punkte auf den gekreuzten Fingern berührt, so ist die scheinbare Entfernung der beiden Punkte wenig von der scheinbaren Entfernung derselben Punkte, bei normaler Lage, verschieden.

Die Richtung, in der die Punkte zu liegen scheinen. **19.**

Für die normale Lage haben wir dasselbe zu sagen wie oben, das heisst, dass die scheinbare Richtung sehr stark von der Vorstellung der Versuchsperson über ihre Finger beeinflusst wird. Das Urteil über die Richtung ist aber ein sehr schwankendes auch bei der normalen Lage, wie die folgenden Tabellen deutlich zeigen. Es sind in den Tabellen die Richtungen in Graden dargestellt, als positiv sind diejenigen Richtungen bezeichnet, die von links nach rechts aufsteigend ↗, und als negativ diejenigen, die von rechts nach links absteigend ↘ gehen.

C. Henri, Angabe der Richtung									
Normal	Gekreuzt	Normal	Gekreuzt	Normal	Gekreuzt	Normal	Gekreuzt	Normal	Gekreuzt
wirkl. Entf.u. Richt.	wirkl. Entf. u. Richt.	wirkl. Entf. u. Richt.	wirkl. Entf. u. Richt.	wirkl. Entf. u. Richt.	wirkl. Entf. n. Richt.	wirkl. Entf. u. Richt.	wirkl. Entf. u. Richt.	wirkl. Entf. n. Richt.	wirkl. Entf. n. Richt.
4 mm ↔	26 mm ⤢ 30°	12 mm ↔	18 mm ⤢ 50°	17 mm ⤢ 55°	13 mm ↔	16 mm 45° ⤡	24 mm ⤢ 65°	25 mm ⤢ 15°	2 mm ↔
+20°	+20°	—10°	—10°	—30°	—40°	—10°	—10°	+10°	—20°
—10°	0°	—20°	+20°	—20°	+20°	—50°	—20°	+20°	0°
0°	+10°	—10°	+20°	+20°	+20°	—50°	—50°	0°	0°
—20°	—10°	—30°	—10°	+40°	+20°	—40°	—40°	+20°	+10°
—10°	0°	+20°	—35°	+30°	+20°	+20°	—20°	—10°	+10°
—10°	—10°	—20°	—20°	+40°	—20°	—40°	—40°	—10°	—10°
0°	—10°	—10°	—30°	+10°	+20°	—40°	—50°	+10°	—10°
+10°	—10°	+10°	—20°	+20°	+10°	—30°	—50°	+20°	+10°
0°	—10°	—20°	—10°	+20°	+20°	—50°	—60°	+30°	+10°

Prof. Müller, Angabe der Richtung									
Normal	Gekreuzt	Normal	Gekreuzt	Normal	Gekreuzt	Normal	Gekreuzt	Normal	Gekreuzt
wirkl. Entf.n. Richt.	wirkl. Entf. u. Richt.	wirkl. Entf. u. Richt.	wirkl. Entf. n. Richt.	wirkl. Entf. u. Richt.	wirkl. Entf. u. Richt.	wirkl. Entf. n. Richt.	wirkl. Entf. u. Richt.	wirkl. Entf. u. Richt.	wirkl. Entf. n. Richt.
4 mm ↔	30 mm ⤢ 45°	16 mm ↔	21 mm ⤢ 70°	25 mm ⤢ 50°	16 mm ↔	18 mm 50° ⤡	32 mm ⤢ 70°	31 mm ⤢ 45°	4 mm ↔
—20°	—30°	—10°	—10°	+80°	—40°	—30°	—10°	+10°	+10°
0°	+10°	—10°	0°	+70°	+70°	—20°	0°	+60°	—10°
0°	+10°	0°	—10°	+80°	+80°	—30°	—10°	+10°	+10°
—10°	+10°	—10°	—10°	+80°	+80°	—30°	—10°	+20°	+20°
—20°	+20°	0°	+10°	+30°	+90°	—20°	—10°	+60°	+30°
—20°	+20°	+10°	+70°	—80°	+90°	—20°	—20°	+70°	+60°
0°	0°	0°	0°	+70°	+80°	—20°	—20°	+30°	+10°
0°	0°	+10°	+70°	+80°	—80°	+20°	—20°	+10°	+30°

Miss Martin, Angabe der Richtung.									
Normal	Gekreuzt	Normal	Gekreuzt	Normal	Gekreuzt	Normal	Gekreuzt	Normal	Gekreuzt
wirkl. Entf. u. Richt.	wirkl. Entf. u. Richt.	wirkl. Entf. u. Richt.	wirkl. Entf. u. Richt.	wirkl. Entf. u. Richt.	wirkl. Entf. u. Richt.	wirkl. Entf. u. Richt.	wirkl. Entf. u. Richt.	wirkl. Entf. u. Richt.	wirkl. Entf. u. Richt.
4 mm ↔	23 mm ⤢ 50°	12 mm ↔	15 mm ⤢ 55°	16 mm ⤢ 55°	12 mm ↔	16 mm 40° ⤡	24 mm ⤢ 65°	23 mm ⤢ 45°	2 mm ↔
0°	+30°	+20°	+30°	+80°	+70°	−30°	+10°	+20°	+10°
+20°	+10°	+10°	+20°	+80°	+80°	−30°	+20°	+20°	+30°
+30°	+30°	0°	+20°	+70°	+50°	−30°	−20°	+30°	+35°
+30°	+10°	0°	+40°	+60°	+50°	−50°	−40°	+30°	+30°
0°	+30°	+10°	0°	+40°	+50°	−20°	−30°	+10°	+30°
+30°	+20°	+10°	+30°	+70°	+60°	−30°	−30°	+30°	+30°
+10°	−10°	+10°	+30°	+80°	+80°	−30°	−20°	+30°	+30°
+10°	0°	0°	0°	+70°	+60°	−30°	+20°	+30°	+30°
−20°	+20°	+10°	+30°	+80°	+70°	−40°	+10°	0°	+30°

Man sieht erstens, dass auch bei der normalen Lage der Finger das Urteil über die Richtung sehr schwankt. Diese Schwankungen sind teilweise durch die Vorstellung der Versuchsperson über die Lage ihres Vorderarmes und ihrer Hand bedingt; der Vorderarm war immer in der sagittalen Richtung gelegt, aber die Versuchsperson, die ihn nicht sah, glaubte manchmal, dass der Vorderarm etwas nach innen gerichtet sei; die hierauf beruhenden Fehler betragen bis 20°. Der wichtigste Grund aber jener Schwankungen liegt in der Ungenauigkeit der Vorstellungen von den Fingern. Es ist leicht sich davon zu überzeugen, wenn man die Schwankungen für verschiedene Punktpaare vergleicht; für die einen ist sie nämlich sehr gering, für die anderen viel stärker.

Zweitens sieht man, dass die scheinbare Richtung bei der gekreuzten Lage im allgemeinen wenig von derjenigen für die normale Lage abweicht, ein Resultat, welches analog dem für die Distanzen erhaltenen ist.

20. Dasselbe Resultat in Bezug auf die Richtungen ist auch in einer anderen Reihe von Versuchen erhalten worden, nämlich in einer solchen,

wo die Finger, statt mit Spitzen, mit Linien berührt wurden. Die Richtungen und Lagen der beiden Linien, mit denen berührt wurde, konnten beliebig variiert werden. Die Versuchsperson hielt in der linken Hand einen Bleistift und, als die Berührung gemacht wurde, musste sie die Richtung und relative Lage der beiden Linien aufzeichnen. Da Dr. Jost, mit dem die Versuche gemacht wurden, linkshändig ist, so entstand keine Schwierigkeit in Bezug auf das Zeichnen mit der linken Hand.

Das allgemeine Resultat ist sehr deutlich. Berührt man zwei Linien auf den Fingern einmal bei normaler Lage, das andere Mal bei gekreuzter Lage, so ist die Empfindung in beiden Fällen gleich.

Ich gebe einige Beispiele: 1) bei der gekreuzten Lage der Finger berühre ich zwei lineare Strecken AB, ab (Fig. 19), deren eine in der

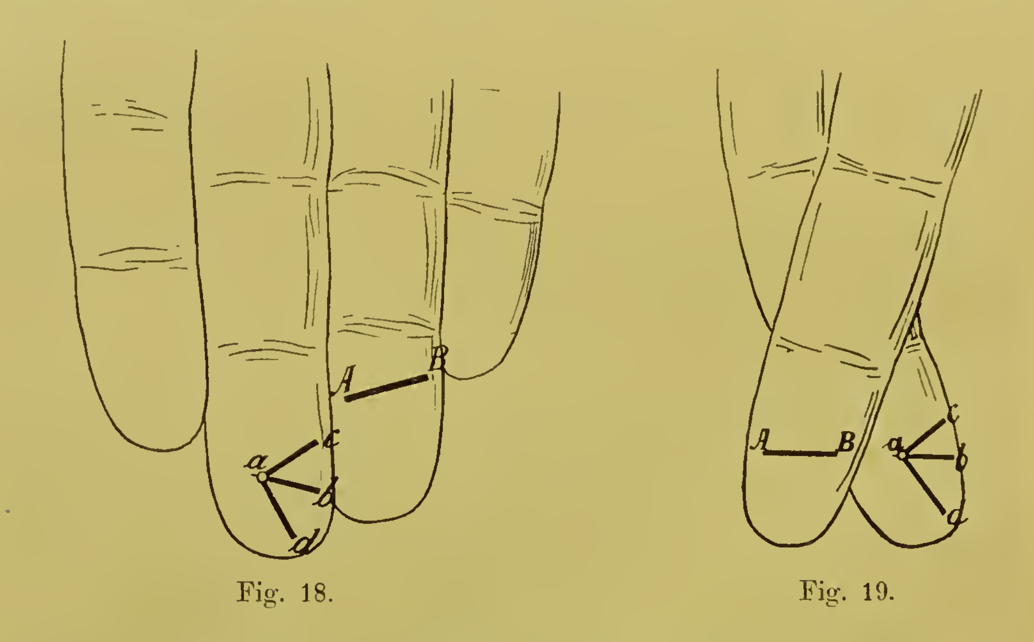


Fig. 18. Fig. 19.

Verlängerung der anderen liegt, die Versuchsperson zeichnet zwei Linien wie beistehende (Fig. 20). Bei der normalen Lage werden dann dieselben Linienstrecken auf den Fingern (ab, AB) berührt, die Versuchsperson zeichnet eine sehr ähnliche, oft sogar identische Figur $a'b'$, $A'B'$. Wenn ich bei der gekreuzten Lage die Berührung der Linie AB aufhebe, während ab noch berührt wird, so sagt die Versuchsperson, dass $A'B'$ aufgehoben und $a'b'$ geblieben ist, es correspondiert also $a'b'$ mit ab und $A'B'$ mit AB.

2) Ich suche bei der gekreuzten Lage der Finger eine Lage der Linien, bei welcher die Versuchsperson zwei parallele Linien empfindet. Es haben eine solche Lage die Linien AB und ac, die einen Winkel von 145° bis 150° bilden (Fig. 19). Bei der normalen Lage der Finger sind diese Linien AB, ac nicht ganz parallel (Fig. 18), erscheinen aber bei Berührung oft als parallel. Ich bemerke hier, dass, wenn man bei der normalen Lage die Finger mit parallelen Linien berührt, der Versuchsperson die Linien oft einen Winkel zu bilden scheinen. Dieser Punkt wäre noch näher zu untersuchen.

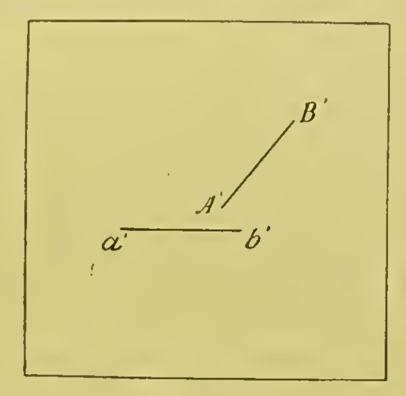


Fig. 20.

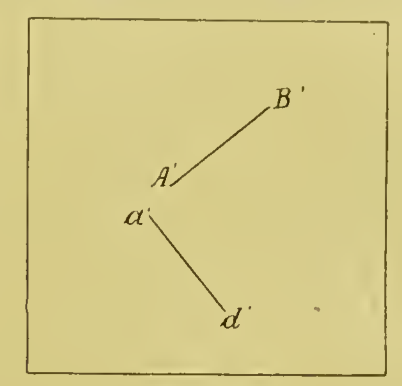


Fig. 21.

3) Ich berühre die zwei Linien AB, ad (Fig. 19), die Versuchsperson zeichnet folgende Figur (Fig. 21), auf der wieder $A'B'$ mit AB und $a'd'$ mit ad correspondieren. Wenn man bei der normalen Lage der Finger dieselben Linien berührt, so wird eine sehr ähnliche Figur gnzeichnet.

Die Resultate sind sehr eindeutig; einige Versuche bei anderen Versuchspersonen und Blinden haben dasselbe gezeigt. Ich glaube, dass es interessant wäre, systematische Versuche mit Linienberührungen durchzuführen; man könnte vielleicht einige theoretisch wichtige Resultate erhalten.

21. Bei den Versuchen über Distanz und Richtung der zwei Punkte musste die Versuchsperson auch auf die Höhenunterschiede achten. Es zeigte sich, dass, wenn die Volarseite nach oben gerichtet war, bei der normalen Lage die beiden Spitzen gewöhnlich horizontal erschienen; nur manchmal erschien diejenige, die auf dem Ringfinger war, etwas tiefer, so dass die Linie, die durch die beiden Spitzen ging, einen Winkel von 10° mit der Horizontalen zu machen schien. Bei der

gekreuzten Lage dagegen schien oft ein Höhenunterschied zu bestehen, und zwar schien der Punkt des Ringfingers tiefer, als der Punkt des Mittelfingers zu liegen, der Unterschied war manchmal gross und betrug sogar 30° bis 40°. Wenn die Versuchsperson die Hand etwas drehte, so dass die Vola manus etwas nach innen gekehrt war, so lag bei der normalen Lage der Ringfinger tiefer als der Mittelfinger, aber bei der gekreuzten Lage höher. In diesen Fällen schien nun immer der Punkt des Ringfingers tiefer, als der Punkt des Mittelfingers zu liegen, auch bei der gekreuzten Lage. Wenn die Volarseite der Hand nach unten gerichtet war, bestanden entsprechende Höhenunterschiede, nur in der umgekehrten Weise.

22. Ich habe noch ein Resultat anzuführen, das schon von Czermak gefunden wurde: nachdem die Versuchsperson bei gekreuzter Lage die Distanz und Richtung angegeben hatte, drückte ich etwas mehr auf einen Punkt und bat mir anzugeben, welcher Punkt stärker gedrückt werde; es fand immer, ohne Ausnahme, eine Umkehrung statt; z. B. wenn die Volarseite nach oben gerichtet war, so war der Punkt auf dem Ringfinger für die Versuchsperson rechts und der Punkt auf dem Mittelfinger links, der Versuchsperson schien aber der linke Punkt stärker gedrückt zu werden, wenn man den Punkt auf dem Ringfinger drückte. Entsprechendes findet auch bei der Berührung mit Linien statt, wie ich oben erwähnt habe. Dieses Resultat ist auch bei den Blinden ausnahmslos erhalten worden. Man kann alle beschriebenen Resultate in einen allgemeinen Satz zusammenfassen: berührt man die Endphalangen von zwei Fingern zuerst bei der normalen Lage der Finger und dann dieselben Hautstellen in gleicher Weise bei der gekreuzten Lage der beiden Finger, so scheinen die beiden Berührungsstellen in beiden Fällen fast in derselben Lage zu einander zu liegen; diejenige, die rechts bei der normalen Lage erscheint, erscheint auch rechts bei der gekreuzten Lage, obgleich die Berührung objektiv hier links ist. Wenn bei der normalen Lage die Berührungsstellen sehr nahe an einander liegen, so scheinen sie auch bei der gekreuzten Lage einander sehr nahe zu liegen, obwohl objektiv die Berührungen in der gekreuzten Lage weit von einander entfernt sind.

23. Ich bemerke noch zum Schluss, dass man bei Kreuzung des Index mit dem Ringfinger eine viel stärkere Illusion erhält, als bei der Kreuzung von zwei nebeneinanderstehenden Fingern, wie auch Féré neuerdings beobachtet hat (Revue Philos. 1896, Bd. 41 S. 629), die Entfernung der beiden Spitzen erscheint grösser, als für zwei benachbarte Finger. Es ist leicht, eine der Aristotelischen Illusion ähnliche auch auf anderen Hautstellen zu erhalten. Wie erwähnt, hat schon Czermak eine solche Illusion für die Lippen nachgewiesen.

Wenn man ferner die obere Lippe in Berührung mit der Nasenspitze setzt und dann beide mit einem Gegenstande leise berührt, so empfindet man zwei Gegenstände, die etwa in der Entfernung von 1 cm (bei mir) zu liegen scheinen. Wenn man den Ohrenlappen an den Kopf anlegt und wieder mit einem Gegenstande das Ohr und den Kopf gleichzeitig leise berührt, so erscheinen zwei nahe liegende Gegenstände. Im allgemeinen, wenn man zwei nicht zu weit von einander liegende Körperteile, die gewöhnlich nicht von einander berührt werden, zusammenlegt und dann in der so gebildeten Spalte beide Körperteile berührt, so empfindet man zwei Gegenstände, deren Entfernung der normalen Entfernung der beiden betreffenden Körperteile entspricht.

Ich werde im II. Kapitel auf einige weitere Versuchsreihen, die ich über die Aristotelische Illusion gemacht habe, zurückkommen. Es ist leicht zu sehen, dass die Resultate der Untersuchung über die Aristotelische Illusion theoretisch wichtig sind, und ich werde mich auf dieselben im II. Teile öfters stützen.

24. Ich gehe zur Darstellung der Untersuchungen über die Wahrnehmungen von Linien, Bewegungen und Formen über.

Volkmann (162) hat schon 1858 bemerkt, dass, wenn man die Haut mit einer Spitzendistanz und dann mit einer gleich grossen Linie berührt, die Linie kleiner erscheint, als die Distanz der Punkte. Fechner (Elem. d. Psychophysik, II, S. 328) hat einige Zahlenbestimmungen gemacht, er findet, dass auf der 3. Phalanx des Zeigefingers eine Linie von 18 mm einer Punktdistanz von 16 mm gleich erscheint. In der neuesten Zeit sind mehrere Arbeiten über diese Frage von Dresslar (32), Parrish (121) und Nichols (119) gemacht worden. Alle diese Versuche haben gezeigt, dass eine Linie kleiner als die gleiche Spitzendistanz erscheint, ebenso erscheint die Distanz

zweier Punkte kürzer, wenn man zwischen ihnen mehrere Punkte einschaltet. Ich gebe hier einige Zahlen von PARRISH. Die Hautstelle ist die Mitte der Volarseite des Vorderarms. NICHOLS hat ähnliche Resultate auch für andere Hautstellen erhalten.

Versuchs-personen	Länge der Linien	Distanz der Punkte, die gleich gross erscheint
B.	28 mm	24—23 mm
HA.	20 »	15 »
T.	28 »	25—24 »
O.	28 »	24—23 »
	28 »	23—22 »

25. Über die Wahrnehmung der Bewegungen auf der Haut haben CZERMAK und VIERORDT (159) bemerkt, dass eine gleiche Bewegung auf, mit feinerem Raumsinne begabten, Hautstellen schneller erscheint, als auf weniger fein empfindenden. FECHNER (Elem. d. Psychoph., II, S. 330) fand, dass, wenn man die Haut mit zwei Spitzen berührt und dann eine Spitze von einem Punkte zum anderen auf der Haut hinführt, die durchlaufene Strecke kleiner, als die Distanz der Punkte erscheint, und sie erscheint nach VIERORDT (159) um so kleiner, je schneller die Bewegung gemacht ist.

Endlich haben HALL und DONALDSON und NICHOLS die Wahrnehmung der Bewegung auf der Haut näher untersucht, und zu den vorstehenden Resultaten, die sie bestätigt fanden, noch das Ergebnis hinzugefügt, dass, wenn man den Druck verstärkt, die Amplitude der Berührung kleiner erscheint, als wenn man leise berührt.

Alle diese Resultate scheinen, a priori, in einem Widerspruche mit den Resultaten über die Schwelle zu sein; denn die Schwelle für Linien und für Bewegungen ist kleiner, als die Schwelle für zwei Punkte, und die Schwelle für Bewegung ist bei starkem Druck kleiner, als bei schwachem Druck; wir werden im II. Teile hierauf noch zu sprechen kommen.

26. Über die Wahrnehmung von Formen sind wenige Versuche gemacht worden; die interessantesten Resultate sind die von WEBER (172),

die später von Rumpf und einigen anderen bestätigt wurden. Wenn man nämlich auf der Haut einen Buchstaben oder ein Zeichen mit einer Spitze beschreibt, so kommt es oft vor, dass die Versuchsperson zwar die gezeichnete Form sich vorstellt und sie auf ein Papier aufzeichnen kann, dass sie aber den Buchstaben erst erkennt, nachdem sie die Form auf dem Papier aufgezeichnet hat. Der Grund ist, dass die Form von der Versuchsperson umgekehrt oder im Spiegelbilde vorgestellt wird; so z. B. um richtig ein L wahrnehmen zu können, muss man auf der Stirne ein ⅃, auf dem Nacken ein L, auf dem Bauch ⅂, endlich auf dem Rücken ein Γ aufzeichnen. Diese verschiedenen Veränderungen der Form scheinen von der Lage der berührten Stellen zu unseren Augen oder zu unserem Kopfe abhängig zu sein; man stellt sich nämlich oft vor, wie man die gemachte Linie mit dem eigenen Finger nachmachen würde, und dabei entstehen Umdrehungen oder Spiegelbilder. Wir machen hier darauf aufmerksam, dass in dem Bilde (Fig. 7, S. 54) die Hysterische, der die Medaille auf den Nacken gedrückt wurde, das Spiegelbild der Medaille aufgezeichnet hat.

27. Ich habe gleichfalls (1892) einige Beobachtungen über diesen Gegenstand angestellt. Es wurden auf die 3. Phalanx eines Fingers verschiedene typographische Buchstaben von verschiedener Grösse aufgesetzt, und die Versuchsperson musste die empfundene Form beschreiben. Es zeigte sich, dass die Lage der Hand nicht ohne Einfluss ist, so z. B. wenn die Versuchsperson ihre Hand mit der Volarseite nach oben hielt, und ich den Buchstaben von oben auf die Volarseite der 3. Phalanx eines Fingers stellte, alsdann schien ihr der Buchstabe gespiegelt zu sein; ein B wurde als ᗺ wahrgenommen. Wenn sie dagegen die Dorsalseite der Hand nach oben wandte und man einen Finger von unten berührte, so wurde der Buchstabe richtig wahrgenommen. Es wäre, glaube ich, interessant, diese Versuche systematisch durchzuführen; man müsste sie bei Sehenden und bei Blinden machen; aus den Resultaten könnte man vielleicht einige Schlüsse hinsichtlich der Bedeutung ziehen, welche die Gesichtsvorstellungen für die Wahrnehmungen der Form mittels der Haut besitzen.

28. Ich erwähne noch einen Fall, in dem die Grösse des Objekts, mit dem die Haut berührt war, bedeutend überschätzt wurde. Es

handelt sich um die Beobachtung von Stcherback und Ivanoff (Un cas de polyesthésie et de macroesthésie, Arch. de méd. expér. 1895, p. 657—659[1]): ein wenig intelligenter Arbeiter litt an Polyneuritis und Hysterie, er hatte im Gebiete des Nervus medianus Parästhesien, Schmerzen und trophische Störungen; wenn man ihm einen Gegenstand zwischen Daumen und Zeigefinger oder Medius zu halten gab, erschien dieser Gegenstand doppelt bis fünffach vergrössert; jede Berührung des Gebietes des Nervus medianus wurde erstens viel zu gross geschätzt und zweitens fühlte der Kranke statt einer Berührung mehrere (zwei bis fünf); an den anderen Hautstellen der Hand war diese Abnormität nicht vorhanden, so dass der Kranke sehr gut die Zahl und die Grösse der Objekte empfand, mit denen man ihn berührte. Die Veränderung der Grösse und Zahl der Eindrücke war verschieden an verschiedenen Tagen, bald fand eine Verdoppelung, bald eine Vervierfachung statt. Nach einiger Zeit wurde der Kranke von den verschiedenen Parästhesien und Schmerzen im Gebiete des Nervus medianus geheilt, und damit verging die Störung in der Wahrnehmung der Grösse und Zahl der Objekte. Es ist interessant, dass die Täuschung hinsichtlich der Zahl auch bei dem Aristotelischen Versuche bestand; an einem Tage, an dem der Kranke jede Berührung doppelt empfand, machten die erwähnten Autoren den Aristotelischen Versuch, indem sie den Index und Medius kreuzten und mit einem Gegenstande die beiden Finger berührten; der Kranke empfand vier Gegenstände. Hier will ich nur bemerken, dass zu der Erscheinung der »Makroästhesie« im Gebiete des Tastsinnes analoge Erscheinungen im Gebiete des Gesichtssinnes (Macropsie) bestehen. Bechterew und einige andere Autoren haben nämlich beobachtet, dass einige Kranke gewisse Objekte, die sie blos sehen, stark vergrössert oder stark verkleinert wahrnehmen und erst durch die Kontrolle anderer Sinne (Betasten) die ihnen sehr lästige Täuschung bemerken. Eine ähnliche Beobachtung wurde mir von einer mir gut bekannten Dame mitgeteilt: es schien ihr früher an manchen Tagen, als ob die Objekte ihrer Umgebung, besonders Personen, sehr gross seien, an anderen Tagen kam es vor, dass sie ihr sehr klein erschienen.

---

1) Die ausführliche Beschreibung des Falles ist soeben erschienen im Nevrologitschesky Wiestnik, 1897, S. 160 ff. (Russisch).

Ich bemerke hier, dass diese Dame vollständig normal ist, und dass sie mir diese Beobachtung aus eigenem Antriebe erzählte und um eine Erklärung der Thatsache bat. Sie war sogar sehr erstaunt zu erfahren, dass andere Individuen diese Erscheinungen nicht haben.

In neuester Zeit hat K. Krause (Ueber eine bisher weniger beachtete Form von Gesichtstäuschungen bei Geisteskranken. Arch. f. Psychiatrie, 1897, Bd. 29, S. 830—849.) interessante Beobachtungen der Macropsie mitgeteilt; in seinen Fällen, sowie in denen von Bechterew bestanden keine Anomalien der Refraction und Accommodation; man muss diese Fälle der Macropsie von denjenigen trennen, die von den Ophthalmologen bei Augenerkrankungen beobachtet sind.

Wir haben die Übersicht der Thatsachen, die auf dem Gebiete des Raumsinnes der Haut erhalten sind, beendigt. Eine Würdigung und Erklärung dieser Resultate wird sich im II. Teile finden. Es sind im Bisherigen hauptsächlich Versuche von anderen Autoren erwähnt worden. Viele von den im Bisherigen beschriebenen Versuchen habe ich indessen selbst nachgemacht; dieser meiner eigenen Versuche habe ich in allen denjenigen Fällen nicht gedacht, in denen sie zu keinem besonderen Resultate geführt haben. Jetzt gehen wir zu dem zweiten Kapitel, der Lokalisation der Tasteindrücke über.

II. Kapitel.

Die Lokalisation der Tasteindrücke.

Wenn ein Punkt unserer Haut berührt wird, so können wir ihn auf der Haut »*lokalisieren*«. Die Beobachtung lehrt, dass bei Berührung eines Punktes der Haut wir diesen Punkt mit einem Finger selbst wieder berühren können, oder dass wir uns visuell den berührten Ort vorstellen, oder endlich dass wir den berührten Ort mit Worten beschreiben können, ohne dabei eine deutliche Gesichtsvorstellung zu haben. Auf allen diesen Wegen ist es also möglich, den Eindruck zu lokalisieren. Wir müssen daher mehrere Arten der Lokalisation der Tasteindrücke unterscheiden:

1. Das Subjekt lokalisiert, indem es unter Ausschluss der Mitwirkung des Gesichtssinnes den berührten Punkt mit einem Finger selbst berührt; als Unterart ist hier der Fall zu nennen, wo das Subjekt blos die berührte Stelle mit dem Finger *zeigt*, ohne sich selbst zu berühren. Wir nennen dieses Verfahren »*Lokalisation mit Berührung*«.

2. Das Subjekt stellt sich die berührte Stelle möglichst gut visuell vor, oder muss auf einem Modell oder einer Photographie des betreffenden Körperteiles den berührten Punkt zeigen; dies ist die *visuelle Lokalisation*.

3. Das Subjekt beschreibt die berührte Stelle mit Worten.

§ 1. Lokalisation mit Berührung und Bewegung.

E. H. Weber (172) hat im Jahre 1852 eine Methode vorgeschlagen, um die »Feinheit des Raumsinnes« zu bestimmen; sie besteht darin, dass man unter Ausschluss des Hinsehens der Versuchsperson die Haut mit einer Spitze berührt und die Versuchsperson

auffordert, bei geschlossenen Augen den berührten Punkt mit einer Spitze selbst wieder zu berühren. Weber fand, dass der Fehler an verschiedenen Hautstellen verschieden gross war.

Von vielen Autoren wurde diese Methode als gleichwertig mit der ersten Methode zur Bestimmung der Feinheit des Raumsinnes der Haut betrachtet (bei der man den kleinsten Zirkelabstand bestimmt, der noch als zwei Punkte empfunden wird). Nur wenige haben bemerkt, dass es sich um prinzipiell verschiedene Vorgänge handelt, dass mit dem Zirkel die Feinheit des Raumsinnes und mit der Berührung des Punktes die Feinheit der Lokalisation bestimmt wird, und dass man den Raumsinn der Haut nicht mit der Lokalisation der Tasteindrücke verwechseln darf. Ich gebe hier nur ein Beispiel von dieser Verwechselung, dasselbe findet sich bei Wundt, (Phys. Psych. II, S. 5 und 6). Seine Worte lauten folgendermassen: »Die Druck- und Temperaturempfindungen unserer Haut beziehen wir auf den Ort, welcher vom Reize getroffen wird, ebenso die dem Tastsinn verwandten Empfindungen der inneren Teile. Die Genauigkeit dieser Lokalisation ist ausserordentlich verschieden . . . Die nächstliegende Methode, um hier (auf der Hautoberfläche) die Genauigkeit der örtlichen Auffassung zu prüfen, besteht darin, dass man eine Hautstelle berührt und dann aus der blossen Tastempfindung, also unter Ausschluss des Gesichtssinnes, durch Nachtasten die vorher berührte Stelle aufsuchen lässt. Hierbei wird im allgemeinen ein Fehler begangen, der sich, sobald man eine grössere Zahl von Beobachtungen verwendet, bei jeder Hautstelle einem bestimmten Werte nähert, für die verschiedenen Stellen aber ausserordentlich wechselt. Die Feinheit der Lokalisation ist der Grösse jener Fehler umgekehrt proportional. Dieses Verfahren entspricht demnach der Methode der mittleren Fehler bei der Intensitätsmessung. Im vorliegenden Falle führt aber dies unmittelbar zu einem kürzeren Verfahren, welches der Methode der Minimaländerungen analog ist. Will man nämlich an sich selbst die Stelle der Haut bestimmen, an der eine Berührung empfunden wurde, so kann dies nur durch eigene Betastung geschehen. Dadurch entsteht eine zweite Tastempfindung, und unwillkürlich wird man nun so lange den berührenden Finger auf der Haut verschieben, bis die zweite der ersten Empfindung gleich geworden ist. Es liegt nahe, die Feststellung der Lokalisations-

schärfe direkt auf diese Vergleichung zu gründen, also zwei Eindrücke gleichzeitig auf zwei benachbarte Stellen wirken zu lassen und dann diejenige Grenzdistanz aufzusuchen, bei welcher die Eindrücke eben noch als räumlich gesonderte aufgefasst werden. Dieses Verfahren ist es, nach welchem zuerst E. H. WEBER die Lokalisation der Tastempfindungen untersucht hat.« (Die Unterstreichungen sind von mir vorgenommen). Erstens ist es nicht richtig, dass die Lokalisation nur durch eigene Betastung geschehen kann; zweitens ist die Methode des Tastzirkels von WEBER keine Bestimmung der Lokalisationsschärfe, und drittens, wenn man auch die Lokalisationsschärfe mit Hülfe des Tastzirkels bestimmen könnte, so müsste man die Spitzen nicht gleichzeitig, wie WUNDT sagt, sondern nacheinander aufsetzen, welches letztere Verfahren von dem ersteren wesentlich verschieden ist, wie schon CZERMAK 1855 gezeigt hat. Dass es nicht möglich ist, mit Hülfe des Tastzirkels die Lokalisationsschärfe zu bestimmen, folgt schon aus dem einfachen Resultate, dass an einigen Hautstellen der Lokalisationsfehler in einer ganz bestimmten Richtung von dem berührten Punkte begangen wird, wie schon früher KOTTENKAMPF, ULLRICH und auch LEWY beobachtet haben. In der Auseinandersetzung von WUNDT wird dagegen angenommen, dass, wenn bei Berührung eines Punktes A die Versuchsperson manchmal den Punkt B zeigt, sie auch bei Berührung von B manchmal A zeigen werde; diese Voraussetzung widerspricht den Beobachtungen. Ich bin näher darauf eingegangen, weil man mir vorgeworfen hat, dass ich in den früheren Veröffentlichungen (Archives de physiologie 1893 und Année Psychologique II) die Auffassung von WUNDT in ungerechter Weise kritisiert hätte.

2. Ich gehe zu den Darstellungen der Resultate über, die bei der Bestimmung der Lokalisationsschärfe mit Hülfe der Methode von WEBER erhalten wurden. E. H. WEBER hat folgende Zahlen für die Fehlerwerte bekommen:

Mitte der vorderen Seite des Oberschenkels	7,0	Pariser Linien
Mitte der Volarseite des Vorderarmes	3,8	» »
Mitte des Handrückens	2,9	» »
Mitte der Hohlhand	1,9	» »
Volarseite der Fingerspitzen	0,5	» »
Stirn	2,8	» »

Kinn . . . . 2,4 Pariser Linien
Lippen . . . . 0,5 » »

Ich erinnere daran, dass eine Pariser Linie gleich 2,25 mm ist. Die Werte, welche nicht Mittelwerte sondern Maximalwerte sind, sind alle viel kleiner als diejenigen, die für die Feinheit des Raumsinnes mit gleichzeitigem Aufsetzen der Spitzen erhalten wurden (ein neuer Beweis gegen die Auffassung von Wundt). Dasselbe Resultat wurde auch von Kottenkampf und Ullrich (84) erhalten. Ich gebe hier in der folgenden Tabelle Beispiels halber die Resultate für die Volarseite des Vorderarmes. In der ersten Kolumne stehen die fünf untersuchten Hautstellen *a*, *b*, *c*, *d* und *e* mit der Angabe der Distanz dieser Hautstellen von dem Ellenbogen; die zweite Kolumne enthält die Werte der Lokalisationsschärfe, erhalten nach der Weber'schen Methode. In den nächsten Kolumnen finden sich die Resultate der Versuche, die nach der Methode der richtigen und falschen Fälle mit gleichzeitigem Aufsetzen der Spitzen gemacht wurden. Die Tabelle zeigt z. B., dass auf der Stelle *a* bei der Berührung mit einer Spitzendistanz von 5 Linien unter 100 Versuchen 33 mal 2 Punkte empfunden wurden, bei der Berührung mit einer Distanz von 7 Linien wurden 56 mal 2 Punkte empfunden u. s. w.

Hautstellen	Lokalisationsfehler	Spitzendistanzen in Linien											
		5	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
a 93 Lin. v. Ellenbogen	1,94 Lin.	33	56	77	90	97	—	—	—	—	—	—	—
b 71,5 » »	2,72 »	—	—	36	47	61	64	86	—	100	—	100	—
c 50 » »	3,53 »	—	—	30	55	60	72	88	89	92	100	—	—
d 28,5 » »	3,71 »	—	—	—	—	54	60	71	82	90	95	100	—
e 10 » »	3,85 »	—	—	—	—	—	—	49	72	78	89	100	—

Die genannten Forscher haben die Richtung, in der die Fehler begangen wurden, jedesmal notiert. Bei einer Versuchsperson war keine Bevorzugung einer besonderen Richtung vorhanden, dagegen von einer anderen wurden die Fehler in der longitudinalen Richtung des Armes öfter als in der Querrichtung begangen. Jene Forscher legten kein Gewicht auf diese Beobachtung, sie wurde aber durch die späteren Untersuchungen bestätigt.

3. Nach derselben Methode der Lokalisation von Weber wurden dann Untersuchungen von Lewy (92), Barth (10) und Pillsbury (129) angestellt. Alle diese Untersuchungen haben das Resultat von Weber bestätigt, dass die Lokalisationsfehler geringer sind, als die Feinheitsmasse des Raumsinnes an den betreffenden Hautstellen. Diese Arbeiten enthalten sämtlich interessante Resultate, auf die ich näher eingehen muss.

Bei der Untersuchung von W. Barth (russisch erschienen) lag der linke Vorderarm der Versuchsperson bequem mit der Volarseite nach oben auf einem Gypsnegativ; der Experimentator berührte einen Punkt, den die Versuchsperson sich merken musste, und nach einem bestimmten Intervall musste die Versuchsperson bei geschlossenen Augen denselben Punkt mit einer Spitze, die sie in der rechten Hand hielt, berühren, es war dabei ihr erlaubt, durch Herumtasten die erste Angabe zu korrigieren. Die Grösse und Richtung der Fehler wurden notiert.

Es wurde untersucht, welchen Einfluss die Dauer des Intervalls auf die Genauigkeit der Lokalisation hat. Zu diesem Zwecke wurden die Intervalle gleich 15, 30, 60, 120, 240 Sekunden und mehreren Stunden genommen. Die Grössen der mittleren Fehler in Millimetern sind in der folgenden Tabelle enthalten.

Versuchspersonen	Sofort	15 Sek.	30 Sek.	60 Sek.	120 Sek.	240 Sek.	mehr. Std.
B.	9,3	8,7	11,3	13,9	20,8	—	19,0
S.	8,2	8,7	11,1	13,6	12,2	17,8	—
K.	9,3	—	12,3	14,3	14,2	—	16,5
C.	8,8	—	13,4	15,4	—	—	—

Man sieht, dass die Grösse des Fehlers mit der Länge des Intervalls wächst, aber sie bleibt unterhalb einer gewissen Grenze. Die Registrierung der Richtungen der Fehler hat gezeigt, dass die Mehrzahl der Fehler in der Längsrichtung des Armes begangen wurde, und zwar wurden in der Richtung nach dem Handgelenk doppelt so viel Fehler als in der Richtung nach dem Ellenbogen gemacht; die Fehler in der Richtung nach dem Handgelenk sind auch grösser als die in der Richtung nach dem Ellenbogen.

4. Ganz gleiche Resultate bezüglich der Richtung und Grösse der Fehler hat Lewy (92) erhalten. Er untersuchte die Lokalisation der Tasteindrücke auf der Dorsalseite des Vorderarmes. Die Versuche wurden mit zwei normalen Individuen und vier Kranken (Dementia paralytica) gemacht; ich berücksichtige hier nur die normalen Fälle. Der Einfluss des Intervalls war ebenso merkbar, wie bei den Versuchen von Barth; die Zahlen sind nämlich in Millimetern folgende:

	Sofort	20 Sekunden	120 Sekunden
Lokalisationsfehler	10 mm	13 mm	22 mm

Was die Richtung der Fehler betrifft, so erhielt Lewy folgende Zahlen:

	Distal	Radial-Distal	Ulnar-Distal	Proximal	Radial-Proxim.	Ulnar-Proxim.	Radial	Ulnar
Häufigkeit der Fehler	25	13	14	10	1	9	1	13
Häufigkeit d. Fehler in zwei Hauptricht. . .	52			20			—	—
Grösse d. durchschnittl. F. in dist. u. prox. Richt.	21 mm			12 mm			—	—

Man sieht, dass bedeutend mehr Fehler in distaler Richtung, als in proximaler begangen wurden, und dass die Fehler in distaler Richtung auch grösser, als die in proximaler sind; nur wenige Fehler sind in ulnarer oder radialer Richtung begangen worden.

Die Versuche mit einer anderen Versuchsperson zeigten, dass bei 120 Versuchen der Lokalisationsfehler nur 1 mal in proximaler, 1 mal in ulnarer und 3 mal in radialer Richtung begangen wurde, dagegen 116 mal in distaler Richtung oder jedenfalls in einer Richtung mit distaler Komponente.

5. Lewy untersuchte auch den Einfluss der Ablenkung der Aufmerksamkeit während der Zwischenzeit auf die Grösse der Lokalisationsfehler. Die Ablenkung der Aufmerksamkeit geschah auf drei

verschiedene Arten: 1) es wurden während des Intervalls andere Lokalisationsversuche gemacht. 2) Es wurde auf die Haut etwa 7 cm vom berührten Punkt entfernt ein Thaler gelegt, der während des Intervalls zwischen Berührung und Lokalisation auf der Haut liegen blieb. 3) Während des Intervalls musste die Versuchsperson rechnen. Von diesen drei Ablenkungsarten wirkt merkbar nur die erste; der Einfluss der anderen ist zwar in geringem Masse vorhanden, aber nicht konstant.

Ich gebe einige Zahlen wieder:

Intervall	1. Versuchsperson		2. Versuchsperson	
	Normal	Lokalisat. im Intervall	Normal	Lokalisat. im Intervall
30 Sekunden	29 mm	34 mm	22 mm	42 mm
120 »	38 »	37 »	38 »	43 »

Intervall	Normal	Thaler im Intervall	Rechnen
20 Sek.	13 mm	15 mm	14 mm
120 »	20 »	19 »	13 »

6. Selbstbeobachtungen wurden nur von wenigen Forschern bei den Versuchen über die Lokalisation der Tasteindrücke angestellt. Dies ist, wie ich glaube, ein grosser Fehler, denn die Selbstbeobachtungen können oft mehr als Tausende von Zahlen lehren. Deswegen ist es auch nötig, die wenigen Selbstbeobachtungen, die man in der Litteratur findet, zusammenzustellen. Ich gebe die zwei Beobachtungen aus der Arbeit von Lewy wieder: »Dr. P. giebt an, dass ihn beim Auffinden der berührten Stelle nach längerem Intervalle ein optisches Gedächtnisbild unterstütze. Er behauptet, in einer grösseren Zahl von Versuchen das Bild des berührten Unterarmes mit dem aufgezeichneten Straminnetz[1]) vor Augen zu sehen und in diesem, als Punkt, die

1) Es wurde nämlich auf der Haut ein Netz, das aus 12 Quadraten bestand, mit Stramin aufgezeichnet.

Stelle, die, seiner Ansicht nach, berührt worden ist. Dieses optische Erinnerungsbild ermögliche vielfach das Wiederauffinden des im Gedankenablaufe bereits vergessenen Punktes.«

»Ich selbst (Lewy) konnte an mir etwa folgendes wahrnehmen: Bei t^0 (sofortige Lokalisation) wird fast reflektorisch die zugehörige Bewegung des anderen Armes gemacht. Ich finde keine Zeit, über die Lage des berührten Punktes nachzudenken, oder mir ein irgendwie geartetes Bild desselben vorzustellen. Ich reagiere auf den Reiz mit einer bestimmten Deutbewegung und sehe mich fast nie veranlasst zu korrigieren. Anders, wenn zwischen Tastreiz und Reproduktion ein Zeitintervall eingeschoben wird. Eine Zeitlang hinterlässt noch der Reiz eine Art Nachbild; mit einiger Anstrengung gelingt es, auch dieses noch eine weitere Zeit durch eine Art von Suggestion festzuhalten, und wenn ich auch nicht, wie ein Autor von sich berichtet, im Stande bin, durch die Stärke der Einbildungskraft mir an jeder Stelle der Körperoberfläche eine Berührung suggerieren zu können, so kann ich doch auf diese Weise den berührten Punkt eine Weile im Gedächtnis fixieren. Dann teilt sich meine Aufmerksamkeit zwiefach in einer Weise, die an die sensorielle und muskuläre Reaktion erinnert, indem ich einesteils durch Innervation des Deutarmes die Beugevorstellung festzuhalten suche, die geeignet ist, die betreffende Lokalisationsbewegung auszuführen. Die Wirkung dieser intensiven Bewegungsvorstellung kann so mächtig werden, dass sie zu kleinen teils mir selbst fühlbaren, teils von dem Experimentierenden bemerkten Bewegungen führt. Ein optisches Erinnerungsbild in dem Sinne, dass ich den Unterarm mit der berührten Stelle mir vorstelle, drängt sich verhältnismässig selten in den Vordergrund des Bewusstseins. Vorstellungen und Vorstellungsverbindungen begrifflicher Art stellen sich besonders bei dem langen Intervalle von 120 Sek. ein. Ich erinnere mich, ‚der Ort war ziemlich weit proximal‘ oder ‚das war in der Nähe der Volarfläche‘ u. s. w., wenngleich diese Vorstellungen zu unbestimmter Natur sind, als dass auf ihre Wirkung allein die verhältnismässig doch noch immer gute Lokalisation von 2 cm durchschnittlichen Fehlers zurückzuführen sei. Ihren Hauptwert für die Reproduktion sehe ich darin, dass sie geeignet sind, in den Fällen, in denen die Zwischengedanken weit von ihrem Ausgangspunkte

abgeschweift sind, ein Mittel abzugeben, mit Hülfe dessen die berührte Stelle wieder ins Gedächtnis zurückgerufen wird.« (S. 291 und 292).

7. Barth (10) hat einige Versuche über die Lokalisation der Tasteindrücke mit Hülfe des Gesichtssinnes angestellt: es werden auf der Haut 12 Punkte mit Tinte notiert, dann nach einer gewissen Zeit betrachtet die Versuchsperson einen dieser Punkte mit der Absicht, die Stelle im Gedächtnisse zu behalten, schliesst die Augen und sucht den gesehenen Punkt mit einer Spitze, die in der anderen Hand gehalten wird, zu berühren. Die Fehler waren dabei etwas geringer (7,9 mm) als bei der Weber'schen Methode; ich werde weiterhin auf ähnliche Versuche eingehen, die ich selbst ausgeführt habe.

8. Der Einfluss des Gesichtssinnes und hauptsächlich der Gesichtsvorstellungen auf die Lokalisation der Tasteindrücke ist eingehend von Pillsbury (129) untersucht worden. Die untersuchte Hautstelle war die Volarseite des Vorderarmes. In der ersten Reihe wurde ein Punkt berührt, die Versuchsperson hatte die Augen geschlossen, sie musste sich bemühen, keine Gesichtsvorstellung von der berührten Hautstelle zu haben, sondern nur auf den Tasteindruck zu achten, und musste mit einer Spitze den berührten Punkt aufsuchen. In der zweiten Reihe wurde bei sonst völlig gleichen Umständen die Versuchsperson aufgefordert, sich ein möglichst genaues Gesichtsbild von der Hautstelle zu entwerfen. Endlich in der dritten Reihe hatte die Versuchsperson die Augen offen, sie sah aufmerksam auf die Hautstelle, während diese berührt wurde, dann schloss sie die Augen und suchte mit einer Spitze den berührten Punkt auf. Es ist also in dieser letzten Reihe ein Zusammenwirken des Tasteindrucks und des Gesichtsbildes vorhanden.

Nur eine Versuchsperson konnte die erste Versuchsreihe ausführen, d. h. absichtlich die Entwickelung des Gesichtsbildes hemmen, alle anderen 5 Versuchspersonen hatten immer Gesichtsbilder von der berührten Hautstelle.

Die Fehler wurden in Millimetern gemessen und es wurde jedes mal die Richtung notiert. Die verschiedenen Richtungen sind in acht Gruppen eingeteilt: rechts (R.), links (L.), distal (D.), proximal (P.), Links-Distal (L.-D.), Rechts-Distal (R.-D.), Links-proximal (L.-P.) und Rechts-proximal (R.-P.).

Ich gebe in nachstehender Tabelle die Resultate wieder; von den zwei Versuchspersonen kann die erste von dem Gesichtsbilde abstrahieren, die zweite nicht.

Richtung	Versuchsperson T.			Versuchsperson Wn.		
	ohne Gesichtsbild	mit Gesichtsbild	Augen offen	ohne Gesichtsbild	mit Gesichtsbild	Augen offen
Distal	8,35 mm	4,09 mm	3,95 mm	4,26 mm	4,56 mm	3,03 mm
Proximal	8,59 »	4,76 »	5,20 »	4,76 »	5,03 »	2,84 »
Rechts	6,65 »	2,45 »	3,18 »	2,28 »	3,52 »	2,35 »
Links	7,57 »	5,11 »	3,27 »	3,38 »	3,49 »	2,62 »
R.-D.	6,78 »	4,80 »	4,49 »	4,10 »	5,19 »	3,00 »
L.-D.	6,88 »	4,92 »	5,28 »	3,03 »	3,58 »	3,79 »
R.-P.	9,03 »	5,28 »	4,78 »	5,03 »	4,62 »	2,78 »
L.-P.	7,13 »	6,88 »	5,14 »	5,21 »	2,95 »	2,74 »
Summe	60,98 mm	38,29 mm	34,39 mm	32,37 mm	32,94 mm	23,15 mm

Man sieht erstens, dass die Lokalisation am genauesten ist, wenn die Versuchsperson während der Berührung die Haut ansieht, am wenigsten genau, wenn man keine Gesichtsvorstellung von der Hautstelle hat.

Was die Richtung der Fehler betrifft, so findet auch Pillsbury wie Lewy, dass die Fehler vorzugsweise in der longitudinalen Richtung, und öfters in distaler als in proximaler Richtung begangen werden. Die Bevorzugung der distalen Richtung sucht Pillsbury durch die Überschätzung der Beugebewegungen und die Unterschätzung der Streckbewegungen zu erklären; er erinnert an die Resultate, die darüber von Loeb erhalten worden sind.

Die Untersuchung von Pillsbury scheint also zu zeigen, erstens dass die Gesichtsvorstellungen einen nicht unbeträchtlichen Einfluss auf die Lokalisationsschärfe ausüben, und zweitens dass die »Lokalisationsbewegungen« ebenfalls auf das Resultat der Lokalisation einwirken. Es ist daher interessant, zu sehen, wie weit die Lokalisationsbewegungen, allein genommen, zu einer Lokalisation der Tasteindrücke führen können.

9. Aubert und Kammler haben schon im Jahre 1858 gefunden, dass, wenn man die Versuchsperson auffordert, mit dem linken Zeigefinger einen berührten Punkt des rechten Vorderarmes wieder zu berühren, die Versuehsperson sehr unsicher über die Lage des linken Zeigefingers ist, bevor sie einen Punkt des rechten Armes berührt hat; oft kam es vor, dass diese erste Berührung 10 cm oder mehr von dem wirklich vorher berührten Punkte entfernt war (S. 176). Barth (10) hat einige hierher gehörige Versuche gemacht, er giebt aber die Methode nieht genau an. Ich habe auch einige Versuehsreihen über diese Frage ausgeführt; über die ieh im II. Bande der Année Psyehologique beriehtet habe, endlich ersehien in der letzten Zeit eine Arbeit von Parrish (122) über diesen Gegenstand. Bevor ich zu meinen Versuchen übergehe, will ieh die Versuehe von Parrish bespreehen.

10. Die Versuchsperson hielt (in den Versuehen von Parrish) ihren Vorderarm horizontal vor sich auf einem Tisehe, die Volarseite war nach oben gerichtet; der andere Arm hing frei herunter oder lag auf dem Knie; in einigen wenigen Versuehen war dieser Arm gegen die Brust gedrüekt. Der Experimentator berührte einen Punkt des Vorderarmes und die Versuehsperson musste bei geschlossenen Augen mit einem Stift, den sie in der anderen (freien) Hand hielt, auf die berührte Stelle *zeigen*, *ohne sie jedoeh zu berühren*. Es fand also eine Lokalisation dureh blosse Bewegung statt. Vier Reihen wurden mit jeder der vier Versuehspersonen gemaeht: 1. Die Versuchsperson lokalisierte auf die ihr natürliehste Weise, normale Reihe; 2. die Versuchsperson musste mögliehst gut die Hautstelle sich visuell vorstellen; 3. sie musste von der Gesichtsvorstellung abtrahieren, und sich bemühen, den Arm nicht visuell vorzustellen; 4. während der Berührung hatte die Versuehsperson die Augen offen und sah auf die berührte Stelle hin, dann schloss sie die Augen und führte die Lokalisation aus.

Die Fehler wurden ebenso wie bei Pillsbury registriert, nur mit dem Unterschiede, dass die Resultate für beide Hände gesondert betraehtet wurden. Die Versuche sind nur auf der Volarseite des Vorderarmes gemacht worden. — Die folgende Tabelle enthält die Resultate für alle vier Versuchspersonen. Von den vier Versuehspersonen hatten drei (Py., Mr. und Ph.) gewöhnlich gute Gesiehts-

vorstellungen, sie konnten nicht von der visuellen Vorstellung des Armes abstrahieren; man sieht, dass bei ihnen keine eindeutigen Unterschiede zwischen der zweiten und dritten Reihe bestehen. Nur bei Ph. ist die Grösse der Fehler bedeutender in der dritten Reihe, als in der zweiten. Die vierte Versuchsperson Mn. hatte dagegen gewöhnlich keine deutlichen Gesichtsvorstellungen, sie konnte sehr leicht von dieser Vorstellung abstrahieren. Man sieht, dass bei ihr ein grosser Unterschied zwischen der zweiten und der dritten Reihe besteht. Bei allen aber ist die Lokalisation am genauesten, wenn sie die berührte Stelle vor der Lokalisation gesehen hatten.

Versuchs-personen	Reihen	Rechte Hand	Linke Hand	Mittel
Py.	Normal	20,7 mm	21,2 mm	20,9 mm
	Mit Gesichtsvorstellung	20,5 »	26,6 »	23,5 »
	Ohne »	27,02 »	30,6 »	28,8 »
	Augen offen	15,8 »	15,8 »	15,8 »
Mr.	Normal	23,6 mm	43,5 »	33,5 »
	Mit Gesichtsvorstellung	21,7 »	36,4 »	29,0 »
	Ohne »	44,3 »	24,6 »	34,4 »
	Augen offen	28,0 »	17,9 »	22,9 »
Mn. kann abstrahieren von der Gesichts-vorstellung	Normal	19,6 »	23,5 »	21,5 »
	Mit Gesichtsvorstellung	26,8 »	28,1 »	27,4 »
	Ohne »	45,3 »	41,5 »	43,4 »
	Augen offen	12,3 »	11,9 »	12,3 »
Ph.	Normal	23,8 »	33,3 »	28,5 »
	Mit Gesichtsvorstellung	24,9 »	23,9 »	24,4 »
	Ohne »	35,1 »	39,06 »	37,08 »
	Augen offen	16,9 »	15,6 »	16,2 »

Man sieht, dass die Gesichtsvorstellungen einen Einfluss auf die Genauigkeit der Lokalisation haben können.

Die Mehrzahl der Fehler ist in der Richtung zur Hand gemacht worden, in dieser Richtung sind auch die Fehler am grössten. Endlich, wenn man die Versuche von Pillsbury mit denen von Parrish

vergleicht, so sieht man, dass bei der Lokalisation durch Bewegung allein die Fehler grösser, als bei der Lokalisation durch Berührung sind.

11. Die Erklärung der Resultate hat PARRISH ebenso wie PILLSBURY in der Überschätzung der Beugebewegungen und der Unterschätzung der Streckbewegungen gesucht. Die Angaben von PARRISH sind sehr unvollständig in Bezug auf die Art, wie die Versuchsperson ihren lokalisierenden Arm bewegte. Es sind in dieser Beziehung viele Faktoren in Betracht zu ziehen, wie ich weiter zeigen werde. Ein Punkt ist von PARRISH nicht beachtet worden, nämlich, wenn die Versuchsperson berührt wird, und sie dann den berührten Punkt mit der Bewegung lokalisieren muss, so lokalisiert sie gewiss die scheinbare Stelle des Reizes; diese kann aber ziemlich viel von der wirklichen abweichen, wie ich weiter zeigen werde. Man berührt z. B. auf der Mitte des Vorderarmes einen Punkt in 8 cm Entfernung von dem Handgelenk, die Versuchsperson stellt einen 5 cm vom Handgelenk entfernten Punkt vor; nun sucht sie einen 5 cm vom Handgelenk entfernten Punkt durch Bewegung zu lokalisieren, und selbst wenn sie diesen Punkt richtig lokalisiert, so macht sie im Vergleich zur wirklichen Lage des berührten Punktes einen Fehler von 3 cm in der Richtung zum Handgelenk. Die soeben angeführten Zahlen sind nicht hypothetisch, sondern Versuchen, die ich gemacht habe, entnommen. Nun werde ich aber weiter zeigen, dass bei Berührung eines Punktes auf dem Vorderarme man sich die Lage des Punktes zu nahe dem Handgelenk hin visuell vorstellt. Es kann also nicht als bewiesen gelten, dass die grössere Häufigkeit und Ausgiebigkeit der in der Richtung zum Handgelenk begangener Fehler auf einer Überschätzung der Beugebewegungen beruhe. Diese Frage wird weiterhin näher erörtert werden.

Eigene Versuche.

12. Lokalisation mit Berührung. Zwei Versuchsreihen wurden gemacht:

1. Die Versuchsperson sitzt mit geschlossenen Augen und hält in der linken Hand eine Spitze. Ich berühre einen Punkt der rechten Hand oder des rechten Vorderarmes (Dorsalseite), die Versuchsperson sucht dann den von mir berührten Punkt selbst mit der Spitze zu berühren. Die Spitze, welche von der Versuchsperson

gebraucht wird, ist ein kleines Glasrohr mit ausgezogener Spitze, in der sich Tinte befindet. Jede Berührung der Haut hinterlässt einen schwarzen Punkt, und nach der Lokalisation werden alle berührten Punkte auf eine Zeichnung des Armes übertragen; es wird also nicht nur das Endresultat notiert, sondern auch der ganze Weg, den die Versuchsperson bei der Lokalisation verfolgt hat. Es ist, wie man sieht, die Weber'sche Lokalisationsmethode.

2. Es wird vor jedem Versuch ein Punkt auf der Haut mit Tinte notiert, ohne dass dabei die Haut merklich berührt wird; dann öffnet die Versuchsperson die Augen und sieht den markierten Punkt, sie muss versuchen, diesen Punkt sich zu merken, dann schliesst sie die Augen, bewegt den rechten Vorderarm auf der Ebene des Tisches z. B. um 30° und sucht den gesehenen Punkt mit einer Spitze zu berühren. Es ist dies ein Verfahren, welches schon von Barth gebraucht wurde, und ich betone, dass die Versuchsperson den rechten Arm vor der Lokalisation bewegt, damit beim Fixieren des Punktes nicht die Grösse der zu machenden Lokalisationsbewegung vorbereitet werden kann. Die Grösse dieser Bewegung variiert von einem Versuch zum anderen.

13. Die Versuche waren keine quantitativen, ihr Zweck war nicht, die Grösse der Fehler zu bestimmen, sondern es handelte sich um qualitative Versuche, d. h. um eine Sammlung von Selbstbeobachtungen. Deswegen ist auch die Zahl der gemachten Versuche gering. In der ersten Reihe wurden nämlich 55 und in der zweiten Reihe 84 Versuche gemacht; nach jedem Versuche wurde die Versuchsperson gebeten, zu sagen, wie sie die Lokalisation gemacht hatte. Es wurden jedoch keine bestimmten Fragen von mir gestellt, um nicht die Versuchsperson zu beeinflussen; nur nach einer Anzahl von Beobachtungen stellte ich einige Hülfsfragen; z. B. wenn die Versuchsperson sagte, dass sie an die Qualität der Empfindung gedacht habe, so stellte ich manchmal die Frage: »was verstehen sie unter Qualität der Empfindung?«

Man muss überhaupt sehr vorsichtig bei der Sammlung von Selbstbeobachtungen sein, man muss die Versuchsperson kennen und man muss auf jedes Wort, das man ihr sagt, achten; alles was die Versuchsperson und was man selbst sagt, muss sofort genau notiert werden; nur unter solchen Bedingungen können die Selbstbeobach-

tungen irgend einen Wert besitzen. Es muss unbedingt von allen denjenigen Selbstbeobachtungen abgesehen werden, für welche man vermutet, dass die Versuchsperson beeinflusst wurde. Eine weitere Regel betreffs der Verwertung der Selbstbeobachtungen bezieht sich auf die Koincidenz der Antworten bei verschiedenen Versuchspersonen: nur denjenigen Beobachtungen kann man irgend einen Wert beilegen, die bei mehreren Personen gleich sind; die einzelnen Ausnahmsfälle muss man dagegen zur Seite legen und daraus wenigstens bis auf weiteres keine Schlüsse ziehen. Ich betone diese »selbstverständlichen« Vorsichtsmassregeln, weil sie in vielen Arbeiten nicht beachtet sind.

14. Bei allen meinen Versuchspersonen (Arrer, Brahn, Jost und Rodoslawoff) besteht ein prinzipieller Unterschied zwischen den beiden oben beschriebenen Lokalisationsmethoden. Wenn nämlich ein *berührter* Punkt lokalisiert wird, so spielt die Tastempfindung eine wichtige Rolle; wenn dagegen ein *gesehener* Punkt lokalisiert wird, so kommt hauptsächlich die Gesichtsvorstellung in Betracht. Ich gehe zur genaueren Beschreibung der Verhaltungsweisen der Versuchspersonen in den beiden Reihen über.

Lokalisation eines gesehenen Punktes. Die Versuchsperson muss bei dieser Methode einen auf der Haut markierten Punkt eine Zeit lang ansehen, mit der Absicht diesen Punkt dem Gedächtnisse einzuprägen, um dann bei geschlossenen Augen ihn durch Berührung aufsuchen zu können. Diese Einprägung der Lage des markierten Punktes geschieht mit Hülfe zweier Haupthülfsmittel.

Erstes Hülfsmittel. Während der Fixation des Punktes merkt sich die Versuchsperson, in welchen Entfernungen von gewissen umgebenden Anhaltspunkten sich derselbe befindet. Als Anhaltspunkte werden Hautstellen gewählt, von denen man weiss, dass man sie leicht durch die Berührung auffinden wird; es sind z. B. Leisten, Gelenke, Ränder, Knöchel, Sehnen etc.

Zweites Hülfsmittel. Nachdem man die relative Lage des Punktes in Bezug auf Anhaltspunkte sich gemerkt hat, wendet man die Aufmerksamkeit auf die Tastempfindung, welche bei der Berührung des markierten Punktes entstehen müsste. Man sagt sich dabei z. B., »es wird eine stumpfe und weiche Empfindung sein«, oder »es ist eine harte Unterlage und rechts ist ein weicher Muskel«, oder

auch »es ist eine Vene, also ich muss recht leise berühren und dann eine sehr weiche Empfindung haben« u. dergl. mehr. Diese Vergegenwärtigung der Art des Tasteindrucks kommt hauptsächlich bei Hautstellen vor, wo der Tasteindruck eine ausgeprägte Qualität besitzt. An einigen Hautstellen dagegen, wie in der Mitte des Vorderarmes, kommt sie gar nicht in Betracht.

Ich bemerke hier, dass bei einer Versuchsperson (Dr. Jost) dieses zweite Hülfsmittel fast gar nicht Verwendung fand.

Sobald die Versuchsperson glaubt, dass sie die Lage des Punktes mit genügender Sicherheit kennt, schliesst sie die Augen, bewegt etwas den Arm, auf welchem der markierte Punkt liegt, und sucht den Punkt mit einer Spitze zu berühren. Sie verfährt dabei nicht immer auf eine und dieselbe Weise.

In vielen Fällen sucht sie zuerst irgend einen von den Anhaltspunkten auf, und geht dann von diesem Anhaltspunkte zu dem gesuchten Punkte über, wobei sie sich die Lage des Punktes in Bezug auf diesen Anhaltspunkt visuell vorstellt; dann wiederholt sie dasselbe Verfahren mit den anderen Anhaltspunkten. Sie kommt auf diese Weise in die Nähe des gesuchten Punktes. — Nun achtet sie genau auf die Tastempfindung, sie vergleicht dieselbe mit der zu erwartenden Tastempfindung (zweites Hülfsmittel), und im Falle eines Unterschiedes zwischen der erwarteten und der erhaltenen Tastempfindung korrigiert sie ihre Einstellung bis zur völligen Übereinstimmung.

In einigen Fällen hingegen sucht die Versuchsperson sofort den gesehenen Punkt auf, und stellt sich dann die Entfernungen des berührten Punktes von den Anhaltspunkten visuell vor. Sie probiert dann so lange herum, bis sie die erforderlichen Entfernungen und die erforderliche Tastempfindung gefunden zu haben glaubt.

15. Es ist also bei dieser Lokalisationsmethode zunächst das visuelle Bild massgebend, und nur für die genauere Bestimmung der Lage des Punktes macht man von der Tastempfindung Gebrauch.

Wenn man die successiven Berührungen, welche die Versuchsperson beim Aufsuchen macht, verfolgt, so sieht man, dass zuerst die Berührungen einige Centimeter von einander entfernt sind, dann aber immer näher und näher an einander rücken, um am Ende einander bis auf einige Millimeter (2—1) nahe zu rücken. Es ist inter-

essant, hier zu bemerken, dass auch auf dem Vorderarme, wo die Fehler oft mehrere Centimeter gross sind, die Versuchsperson die letzten Berührungen nur um 3—5 Millimeter verschiebt.

Die vorgestellte Tastempfindung bewirkt manchmal ziemlich grosse Fehler, weil die Versuchsperson sich die zu erwartende Tastempfindung nicht richtig vorgestellt hat. Wenn der markierte Punkt auf einer Stelle liegt, die leicht durch die Tastempfindung erkannt werden kann (Leiste, Knöchel, Gelenk), so ist der Lokalisationsfehler gering (2—4 mm). Je weniger Anhaltspunkte in der Nähe des Punktes liegen und je weiter der Punkt von ihnen entfernt ist, desto grösser ist der Lokalisationsfehler. Auf dem Vorderarme z. B. beträgt er 2—6 cm in der longitudinalen Richtung des Armes, in der queren Richtung dagegen ist der Fehler sehr gering (kaum 1 cm).

16. Zwei Versuchspersonen (Arrer und Brahn) haben bemerkt, dass sie beim Aufsuchen des Punktes nicht immer mit gleicher Stärke die Haut berühren; manchmal berühren sie stärker, wenn es sich zum Beispiel um eine Hautstelle handelt, die auf einer harten Unterlage (Knochen oder Sehne) liegt, in anderen Fällen, wenn der Punkt auf einem sehr weichen Teile liegt, berühren sie sehr schwach. Im allgemeinen wird von ihnen diejenige Intensität der Berührung gewählt, bei der die spezifische Qualität der Tastempfindung am deutlichsten hervortritt. —

17. Lokalisation eines berührten Punktes.

Bei der Lokalisationsmethode, wo ein berührter Punkt von der Versuchsperson lokalisiert wird, kommt in erster Linie die Qualität der Tastempfindung in Betracht, aber eine Mitwirkung der Gesichtsvorstellung ist nicht ausgeschlossen; wie alle Versuchspersonen gesagt haben, ist die Gesichtsvorstellung eine wesentliche Hülfe dafür, die gesuchte Stelle im Gedächtnisse zu behalten, denn die Berührungen beim Aufsuchen des Punktes stören das Behalten der Tastempfindung, und hier kommt die Gesichtsvorstellung zu Hülfe.

Die Grösse der Fehler ist im allgemeinen bei dieser Methode geringer als bei der vorigen; besonders deutlich tritt dieser Unterschied auf dem Vorderarme hervor. Es wäre interessant gewesen, eine dritte Lokalisationsmethode zu untersuchen, nämlich die Haut der Versuchsperson zu berühren, während sie auf den berührten Punkt sieht, dann müsste sie die Augen schliessen und den Punkt mit einer

Spitze aufsuchen. Diese Methode ist von PILLSBURY, wie wir oben gesehen haben, gebraucht worden, und er fand dabei viel geringere Fehler, als bei der WEBER'schen Lokalisationsmethode.

Lokalisation mit Bewegungen allein. 18.

Es ist von einigen Autoren (z. B. KÜLPE) behauptet worden, dass die »Lokalzeichen« Bewegungsimpulse oder Bewegungsvorstellungen seien, die nötig seien, um die betreffende Hautstelle mit dem Zeigefinger zu berühren. Es war nun wichtig, zu untersuchen, in wie weit die Lokalisationsbewegungen allein ohne Kontrolle des Gesichtssinnes oder der Tastempfindung zur Lokalisation eines Tasteindrucks führen können? Denn erstens ist es wichtig zu wissen, welchen Einfluss die Lokalisationsbewegung bei der Lokalisation eines Tasteindrucks nach der WEBER'schen Methode haben kann, und zweitens konnte man hoffen, durch diese Untersuchung eine Prüfung der Theorie von KÜLPE und anderer zu erhalten. In der That, wenn die Lokalzeichen in Bewegungsimpulsen bestehen, so müsste zu erwarten sein, dass die Lokalisation eines Eindrucks mit Bewegung allein auf den mit feinerem Raumsinne begabten Hautstellen genauer als auf den weniger empfindlichen ist. Um diese Frage zu beantworten, habe ich mehrere Versuchsreihen gemacht.

1. Die Versuchsperson hat die Augen geschlossen oder zugebunden, den rechten Vorderarm hält sie vor sich mit der Dorsalseite nach oben, die linke Hand hängt an der Seite herab oder liegt auf dem Knie; es wird ein Punkt des rechten Vorderarmes oder der Hand berührt, die Versuchsperson muss mit dem linken Zeigefinger die berührte Stelle zeigen, das heisst, sie muss den linken Zeigefinger so stellen, dass dessen Spitze 1—2 cm über dem berührten Punkte zu liegen scheint. Die Berührung dauert während der Lokalisation fort; wenn die Versuchsperson mit dem Zeigefinger zu nahe an den rechten Vorderarm oder die rechte Hand kommt, so sage ich »halt«. Es wird die Grösse des gemachten Fehlers bis auf $\frac{1}{2}$ cm genau gemessen und die Richtung desselben gleichfalls notiert.

2. Da es sich bei dem soeben geschilderten Versuchsverfahren um die Lokalisation eines berührten Punktes handelt, so könnte man glauben, dass bei demselben die Versuchsperson sich die Lage des berührten Punktes nicht richtig vorstelle und dass sie daher nicht den wirklich berührten, sondern den vorgestellten Punkt lokalisiere.

Der bei jenem Verfahren begangene Fehler sei mithin ein Resultat von zwei Fehlern. Es war also wichtig, diese Fehler zu trennen. Bei dieser zweiten Versuchsreihe nannte ich der Versuchsperson eine Hautstelle, z. B. Nagel des Ringfingers oder Mitte des Handgelenks etc., oder ich zeigte ihr vor dem Versuch eine Hautstelle auf einem Gypsmodell ihres Armes und bat sie, die genannte oder gezeigte Stelle wie vorher mit dem linken Zeigefinger zu lokalisieren.

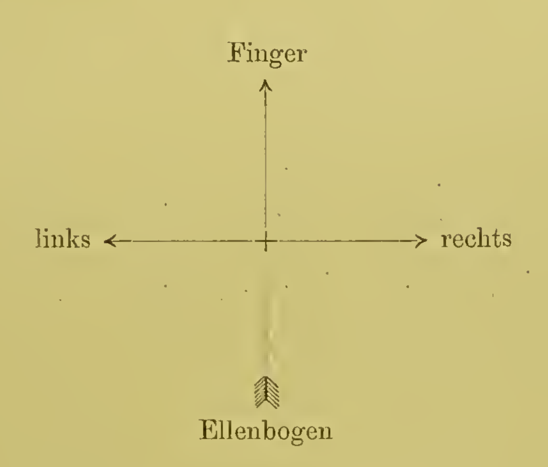
3. Das Verfahren bei dieser dritten Versuchsreihe stellt die Umkehrung des vorigen Verfahrens dar: ich nehme den linken Zeigefinger der Versuchsperson und halte ihn über irgend eine Stelle des rechten Vorderarmes oder der rechten Hand; die Versuchsperson wird gebeten, die Hautstelle zu beschreiben, oder nachher auf einem Gypsmodell zu zeigen.

4. Es war interessant, eine andere Art von Lokalisationsbewegungen, als die mit dem Arme zu untersuchen, um die Resultate vergleichen zu können. Ich wählte die Augenbewegungen, denn man ist ja ebenso gewöhnt seine Hand mit der anderen zu berühren, wie sie anzusehen. Die Versuche bestanden darin, dass der rechte Unterarm und die Hand unter eine Platte gelegt wurden; die Versuchsperson sah weder Hand und Vorderarm noch den Oberarm. Auf der Platte befand sich eine Einteilung in Quadrate; es wurde eine Stelle des Vorderarmes oder der Hand der Versuchsperson genannt, sie musste mit den Augen diese Stelle vertikal fixieren und dann den Punkt der Platte, der über dem fixierten Punkte zu liegen schien, angeben. Es war leicht zu bestimmen, wo wirklich die genannte Stelle unter der Platte lag. Der Unterschied der gezeigten und wirklichen Lage giebt den Fehler an; ich werde weiterhin den gebrauchten Apparat beschreiben.

Die Zahl der Versuchspersonen und angestellten Versuche sind folgende: erste Reihe fünf Versuchspersonen 365 Versuche; zweite Reihe zwei Versuchspersonen 86 Versuche; dritte Reihe zwei Versuchspersonen 130 Versuche; vierte Reihe zwei Versuchspersonen 154 Versuche. Ich bemerke noch, dass nach jedem Versuche die Versuchsperson ihre Selbstbeobachtung angab, dass für zwei aufeinanderfolgende Versuche zwei entfernte Stellen gewählt wurden, und dass an einem Versuchstage (10 bis 12 Versuche) selten dieselbe Stelle zwei

mal vorkam. Diese Bemerkungen gelten auch für die obigen Versuche über die Lokalisation mit Berührung.

Erste Reihe. Das wichtigste Resultat, welches bei allen Versuchspersonen erhalten wurde, ist dies, dass die Lokalisationsfehler auf den Fingern ebenso gross und oft grösser sind, als auf dem Vorderarme. Die Grösse der Fehler ist individuell verschieden; einige (Judd, Heller) machen geringere Fehler, andere dagegen grössere; in den folgenden Tabellen sind die Grössen der Fehler mit ihrer Richtung wiedergegeben. Ich ziehe keine Mittelwerte, da die Zahl der Versuche zu gering ist. Die Grössen der Fehler sind in Centimetern angegeben. Die Richtung derselben ist durch einen Pfeil bezeichnet; die vertikale Richtung von unten nach oben zeigt nach den Fingern. Bei zwei Versuchspersonen sind in den Tabellen auch die Fehlerwerte für die zweite und dritte Reihe angegeben, d. h. für die Reihe, in der eine genannte Stelle lokalisiert wird, und für die Reihe in der die Versuchsperson die Lage des Zeigefingers beschreiben muss (passive Bewegungen). 19.



Versuchsperson Dr. Grotenfeld. Lokalisiert mit dem linken Zeigefinger.			
Hautstellen	1. Reihe. Lokalisation eines berührten Punktes	2. Reihe. Lokalis. eines gesagten Punktes	3. Reihe
3. Phalanx, Index	2½→, 6→, 5↘, 4½↘	2½↘, 3½↘, 4↘	1←
» Medius	10→, 12→	1½↘, 2↘	3½↘, 1½↗
» Kleinfinger.	3→	2←, 1↑	—
2. Phalanx, Index	2↗, 5↘	2½↘, 2↓, 4↙	1↑, 2↑
» Ringfinger	1←, 3½↘	2½←, 2↙	2↗, 1½↗
» Kleinfinger.	3←	4←	1↘
» Daumen	6½↘, 9↘, 7↘, 8↘	—	—
1. Phalanx, Index	4→, 8↘, 7↘	3↘	—
Metacarpalkopf, Medius	5↗, 11→	2↗, 1↗, 2½→	—
» Kleinfinger	4↗	—	—
» Daumen.	3→, 3→, 3↘	3↘, 2½↘, 4↗	6↓, 6↓
Mitte des Handrückens	2↗, 2½↗, 2→, 5↘	5↑, 1↑, 3↗	5↓, 5↓, 6↓, 7↓
Untere Drittel des Handrückens in der Mitte	4↗, 4↗, 5↗	1½↗, 2↑	1↓, 1↓
Untere Drittel d. Handr., linke Seite	1½↗, 2½↗, 15→, 20↘	—	—
Handgelenk	12↘, 4↘, 3↘, 2½↗, 8→, 10↘	10↘	5↓, 3↓, 3↓
Handknöchel	5→, 4½↗, 4↘	5½↖, 6↑, 5½↑, 2½↗	0, 0, 7↙
Vorderarm, 5 cm vom Handgelenk .	2↗, 2½↘, 10↘, 5½↘	—	—
» 10 » » » .	2↑, 8↘, 8↘	5↑, 9↘	5↓
» 15 » » » .	3↗, 2½↘, 2↘	—	—

Man sieht, dass von Dr. Grotenfeld die meisten Fehler in der Richtung von links nach rechts begangen wurden, d. h. die Versuchsperson macht eine zu grosse Bewegung mit der linken Hand; in der Grösse der Lokalisationsfehler sieht man keine deutliche Regelmässigkeit hervortreten; in jedem Falle sind die Fehler auf den Fingern nicht kleiner, als auf dem Vorderarme.

Versuchsperson Dr. Rädler. Lokalisiert mit dem linken Zeigefinger.

Hautstellen	Lokalisationsfehler mit Richtung
3. Phalanx, Daumen	4↙, 3↓, 5↓
» Index	4↘, 3↘, 6↓
» Medius	1↓, 1↓, 8↓, 6↘, 8↘
» Ringfinger	3↙, 2↙
» Kleinfinger	4↙, 4↘
2. Phalanx, Daumen	2½↙, 3↓, 2↖
» Index	1↖, 2→, 4↘, 4↗
» Medius	5↘, 4↘, 3↓
» Ringfinger	3½↓, 3½↙
» Kleinfinger	1½↙, 4↘
1. Phalanx, Index	2½↓, 4½↓, 8→
» Kleinfinger	1↙, 4↙
Metacarpalkopf, Index	2↓, 3↘, 5½↘, 3½↘
» Medius	4½↓, 3½↘, 4↘
» Ringfinger	1½←, 3↙, 3½↓
» Kleinfinger	2½←, 2↙, 6½↙
Mittl. Teil d. Handrückens, links	3→, 1½→, 2½→, 1½→, 2½↘, 2½↘, 2↗
» » » » Mitte	3↙, 3↖, 1½↙, 3↓, 3½←, 1½←
» » » » rechts	5½←, 4½←
Mitte des Handgelenks	4½↖, 10↙, 2↙, 3½↓
Handknöchel	1½←, 4↖, 1←, 2↗, 6↓
Mitte des Vorderarmes, 3 cm vom Handgelenk	3½↖, 2½↙, 5½↓, 3½↘
Mitte des Vorderarmes, 5½ cm vom Handgelenk	2½↘, 4½↙, 4½↙, 6↙
Mitte des Vorderarmes, 8 cm vom Handgelenk	6½↓, 10↙, 5½↙, 3↙
Mitte des Vorderarmes, 14 cm vom Handgelenk	3↖, 5↙
Rechte Seite d. Vorderarmes, 4 cm vom Handknöchel	4↖, 5↙
Rechte Seite d. Vorderarmes, 10 cm vom Handknöchel	4½↖, 5↙, 5↙
Rechte Seite d. Vorderarmes, 14 cm vom Handknöchel	5↖, 5↙

Versuchsperson Dr. Judd. Linke Hand berührt, lokalisiert mit dem rechten Zeigefinger.

Hautstellen	1. Reihe	2. Reihe	3. Reihe
3. Phal. Ringfinger	3½↙, 2½↘, 4↓	5½↓, 4↘, 2½↓	—
» Medius	3½↓, 2½↘, 1↗	4↘, 1½↘, 3↘	6↖, 3↖, 1½↑
» Index	2↘, 1↘, 2→	4½↓, 1↙, 5↘, 2↘, 2→	4←, 5↖, 4↖, 4↖
2. Phal. Kleinfinger	1↙, 2↘, 2½→	2↙, 3↙, 8↘, 2½↘, 4↗	—
» Ringfinger	2½↓, 2↘, 1→, 1↙	5↘, 3↘, 5↘	2←, 1↑, 5↗, 3↖
» Medius	1½↘, 3↘, 2↙, 1½↘, 0	4↓, 5½↘, 2↘, 1½↘, 3↘	2½↙, 4↖, 0
» Index	0, 3↓, 3↘	—	0, 4←, 6↖
» Daumen	2½↘, 3↙	5↘, 3↙	5↖, 6←, 3←
1. Phal. Ringfinger	1↑, 1→	3↓, 3½↘, 5½↘	—
» Medius	1½↗	5½↙, 1½→	1½←, 5↖, 1½↑, 1½↑, 1½↑
» Index	2½↙, 3↓	1½↘	3↖, 1½↑, 1½↑, 2½↓
Metacarpalkopf, Ringfinger	1½←, 1↗, 1→	3↙, 5↓, 1½↗	2→
» Medius	1←, 1½↙, 1→	—	2←, 2←
» Index	2↘, 2↘	1←, 2↙, 4↙, 1½↑	0, 2½←, 2½←, 4↖
Daumenballen, dorsal	4↗, 2↙, 3½↓, 2↘	2½↖, 3½↙, 3½↘	5½↖, 5↖, 3↖
Mitte des Handrückens	1↖, 3½↙, 2↓, 2½↘	1½↙, 2½↓, 2↓, 1½↓	5↑, 5↖, 6↖, 5←, 3↖
Unteres Drittel d. Handr.	2½↗	3½↖, 2½↓, 2↗, 4↓, 2↗	7½↖, 2½↖
Mitte des Handgelenks	2↖, 2↓, 1½↓, 1½→, 1½→	1½↓, 2½↓, 1→, 2←, 1½↘	6½↖, 2½←, 2½←, 2½←, 2½←
Handknöchel	1½↘, 1→, 2↙	2↖, 3↖, 6↖	4½↙, 2½↙, 3↙
Vorderm, 6 cm v. Handgel.	2½↖, 2←, 3←, 4↙, 3↙	—	2↑, 3↖, 3↖, 3½↑, 6↖
» 8½ » » »	4↙, 4½↙	—	—
» 11 » » »	1←, 5½←, 3↙, 3←	—	4↑, 1↓, 1↓
» 15 » » »	2½↖, 4↙	—	1½↓

Wenn man die Resultate bei Rädler betrachtet, so sieht man, dass bei der Lokalisation eines Punktes auf der linken Seite der rechten Hand die Fehler meistens nach *rechts* gemacht werden, d. h. er bewegt den linken Arm zu weit.

Wenn dagegen der berührte Punkt (den die Versuchsperson lokalisieren muss) auf der *rechten* Seite der Hand ist, so werden die meisten Fehler nach links gemacht, d. h. er bewegt den linken Arm zu wenig. Ferner ist die grösste Zahl der Fehler auf der Hand auch gegen das Handgelenk gerichtet, d. h. die Beugebewegung des linken Armes ist zu gross. Auf dem Vorderarm wird gewöhnlich der Fehler nach links begangen, die Bewegung des Armes ist also hier nicht gross genug. Was endlich die Grösse der Fehler beträgt, so ist sie auf den Fingern nicht geringer, als auf den übrigen Teilen der Hand und dem Vorderarme.

Bei Dr. Judd war die *linke* Hand berührt, und er lokalisierte mit dem *rechten* Zeigefinger. Die meisten Fehler auf den Fingern und auf der Hand sind gegen das Handgelenk oder etwas nach rechts begangen worden; auf dem Vorderarm dagegen sind die Fehler nach *links* gemacht worden. Wenn man bedenkt, dass die Bewegungen um das Ellenbogengelenk eine Verschiebung des Zeigefingers zum Körper oder vom Körper giebt (↕), dagegen die Bewegung um das Schultergelenk bei der Lokalisation eine Verschiebung nach links oder rechts, so sieht man, dass Dr. Judd bei der Lokalisation von Berührungen auf den Fingern und der Hand die Beugebewegung im Ellenbogen zu gross, diejenige im Schultergelenke zu klein machte. Bei der Lokalisation auf dem Vorderarme war die Beugebewegung im Ellenbogengelenk etwas zu klein und die Beugebewegung im Schultergelenk zu gross.

20. Die Selbstbeobachtungen aller Versuchspersonen stimmen darin überein, dass alle sich die berührte Hautstelle visuell vorstellen; die Hand aber, mit der lokalisiert wurde, wurde gewöhnlich nicht visuell vorgestellt. Sobald die Berührung gefühlt wird, entsteht zunächst eine Vorstellung von einer *allgemeinen* Richtung, in der sich der berührte Punkt befindet; es ist die Richtung der Linie, die von der Schulter des lokalisierenden Armes zum berührten Punkte geht. Zuerst wird eine grosse Bewegung gemacht, die den Zeigefinger in die Nähe des berührten Punktes bringt, dann kommt eine Reihe von

kleinen Bewegungen. Bei diesen stellt sich die Versuchsperson die Stellen vor, die unter dem Zeigefinger liegen; öfters wählt die Versuchsperson Anhaltspunkte, z. B. Rand der Hand, Handgelenk, Fingerspitze u. dergl. mehr; sie sagt sich z. B., »der berührte Punkt ist etwa 3 cm weit von dem rechten Rande der Hand. Wenn ich mit dem linken Zeigefinger so weit gehe, wie jetzt (hier macht sie die betreffende Bewegung), so bin ich über dem rechten Rande, von dieser Stelle gehe ich etwas nach links und jetzt bin ich über dem berührten Punkte«. Es scheint leichter, eine hervorragende Hautstelle zu lokalisieren, als eine indifferente; aber ich bemerke, dass mit dieser Leichtigkeit nicht ein geringerer Durchschnittswert der Lokalisationsfehler verbunden ist. Die Sicherheit der Versuchsperson ist je nach den Stellen und nach der Schnelligkeit der Lokalisation verschieden, aber alle Versuchspersonen gaben als grössten Wert des möglichen Fehlers 2 bis 3 cm an, nie mehr, obgleich in Wirklichkeit oft der Fehler bedeutend grösser war, wie man aus den obigen Tabellen sieht.

21. Eine Beobachtung wurde eindeutig von allen Versuchspersonen gemacht, es ist die unsichere Schätzung der vertikalen Entfernung des Zeigefingers von der Hand; gewöhnlich waren die Versuchspersonen durch das »halt« überrascht, sie dachten nämlich, dass ihr Zeigefinger noch 8 bis 10 cm über der ruhenden Hand wäre, während er in Wirklichkeit kaum mehr als 1½ cm darüber war. Diese Unsicherheit über die vertikale Lage des Zeigefingers war manchmal störend.

Wir sehen also, dass die Lokalisationsbewegung allein nur eine recht ungenaue Lokalisation geben kann, die Fehler betragen mehrere Centimeter (bis 10 und mehr). Diese Fehler sind auf den Fingern ebenso gross, als auf der Hand und dem Vorderarm. Die Richtung, in welcher die Fehler vorzugsweise begangen werden, ist durch eine Über- oder Unterschätzung zweier Arten von Beugebewegungen bedingt, nämlich der im Ellenbogengelenk und der im Schultergelenk; diese Uber- und Unterschätzungen sind individuell verschieden, und es kann eine Unterschätzung der Beugebewegung im Ellenbogengelenk gleichzeitig mit einer Überschätzung derjenigen im Schultergelenke vorkommen (Judd, Rädler).

22. Zweite Reihe. In dieser zweiten Reihe wurde nicht eine berührte, sondern eine genannte Hautstelle in derselben Weise, wie vorhin, lokalisiert. Ich habe wenige Versuche (86) dieser Art ge-

macht, weil sich in der vorigen Reihe so grosse Fehler ergeben hatten, dass sie sehr wenig von den Fehlern in der visuellen Vorstellung der berührten Stelle beeinflusst sein konnten. Auch diese Resultate sind in den vorigen Tabellen gegeben; sie unterscheiden sich im wesentlichen nicht von den oben beschriebenen. Die Selbstbeobachtungen haben nun gezeigt, dass hier die Versuchsperson öfter, als in der ersten Reihe, Anhaltspunkte gebraucht, und dass die Lokalisation bei indifferenten Stellen (Mitte der Hand z. B.) schwieriger war, als bei hervorragenden Stellen (Handknöchel, Metacarpalkopf u. dergl. m.).

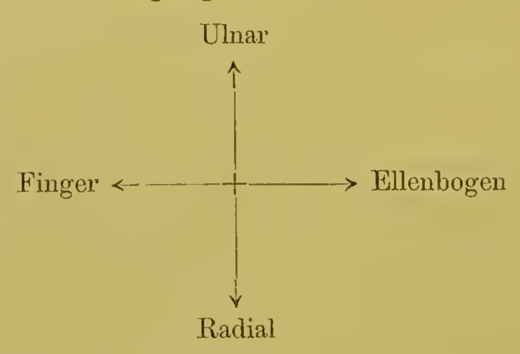
23. Dritte Reihe. Wie erwähnt, hielt ich in dieser Reihe die Spitze des Zeigefingers der Versuchsperson über einen Punkt der anderen Hand und die Versuchsperson musste die Lage dieses Punktes beschreiben. Die Resultate zeigen (siehe Tabelle), dass die Fehler ungefähr dieselbe Grösse haben, wie in den vorigen Reihen, aber die Richtungen der Fehler sind meistens denjenigen der vorigen Versuche entgegengesetzt; so sind sie z. B. bei Judd im allgemeinen nach links und gegen die Finger begangen worden. Der Grund dieser Fehler ist derselbe, wie der der vorigen, d. h. es sind Über- oder Unterschätzungen von gewissen Beugebewegungen.

24. Vierte Reihe. Der Zweck dieser Versuchsreihe war, eine Lokalisationsart mit Bewegungen zu untersuchen, von der man mit Sicherheit behaupten kann, dass sie eine erworbene und nicht eine angeborene ist. Eine solche Lokalisationsart ist diejenige mit Hülfe der Augenbewegungen. Wir sind gewöhnt, unsere Hautstellen (besonders die der Hand) anzusehen; es fragt sich nun, wie genau diese Lokalisation ohne Hülfe des Gesichtssinnes sein kann.

Wenn wir den Arm einer Versuchsperson durch einen Schirm verdecken und sie dann auffordern, einen bestimmten Punkt der Hand (z. B. den Nagel des Mittelfingers) zu fixieren, wie genau wird diese Fixation, die mit Hülfe der Augenbewegungen allein geschieht, sein? Zur Untersuchung dieser Frage liess ich einen sehr einfachen Apparat machen. Er bestand aus einer Platte aus Mattglas, die mit den Ecken an vier Stäben befestigt war. Die Höhe dieser Platte über einem Brett und ihre Neigung liess sich leicht variieren. Auf der Platte war eine Einteilung in Quadratcentimetern angebracht, und wenn die Versuchsperson ihren Arm unter die Platte legte, so konnte man sehr leicht dasjenige Quadrat der Platte bestimmen,

welches über einem bestimmten Punkte der Hand lag. Ein Carton konnte unter die Glasplatte gelegt werden, so dass während des Versuchs die Versuchsperson ihre Hand nicht sehen konnte. Der rechte Arm war von der Schulter an der Versuchsperson vollständig verdeckt. Sie legte ihren Vorderarm mit der Hand unter die Platte, so dass der Vorderarm in einer starken Beugestellung fast parallel der Brust war; von einem Versuch zum anderen wurde die Lage des Vorderarmes geändert.

Ich legte den Carton unter die Glasplatte und forderte die Versuchsperson auf, einen bestimmten Punkt der Hand oder des Vorderarmes vertikal zu fixieren und anzugeben, welches Quadrat der Platte über dem fixierten Punkte liege. Die Versuchsperson kannte den Zweck der Versuche nicht, und wurde über die Richtigkeit oder Unrichtigkeit des jeweilig gefällten Urteiles nicht belehrt. Die Versuche sind mit zwei Versuchspersonen (JUDD und RÄDLER) gemacht worden, die erhaltenen Resultate sind sehr eindeutig: die Fehler sind nämlich auf den Fingern sehr gering, kaum 2 cm, auf der Hand und dem Handgelenke sind sie grösser. Ich gebe hier die Zahlen für Dr. JUDD, es sind die Grössen der Fehler in Centimetern und die Richtungen derselben mit Pfeilen angegeben. Die Bedeutung der Pfeile ist aber hier nicht dieselbe, wie früher; denn der Vorderarm lag parallel der Frontalebene der Versuchsperson, daher bedeutet ein vertikaler Pfeil von unten nach oben, dass der Fehler in der Richtung zum ulnaren Rande der Hand begangen wurde.



Die grössten Fehler sind also auf der Mitte des Handrückens begangen worden, dann auf dem Handgelenk und auf dem kleinen Finger. Was die Richtung betrifft, so ist die Mehrzahl in der radialen Richtung, d. h. nach dem Körper zu gemacht worden, die Versuchsperson macht eine zu kleine Bewegung nach vorne mit dem Kopfe.

Versuchsperson Dr. JUDD.	
Hautstellen	Lokalisationsfehler in cm mit Richtung
Nagel des Daumens	1↘, 1↓, 1½↘
Metacarpalkopf des Daumens	½↘, 1↘, ½↓
Nagel des Zeigefingers	1½↓, ½↑, 2↗, 1↙
Mittelgelenk des Zeigefingers	1←, ½↓, ½↓, ½↘
Metacarpalkopf des Zeigefingers	½↘, 1↘, ½→, 3↙
Nagel des Mittelfingers	½↘, 2↗, 1→, 1↓
Mittelgelenk des Mittelfingers	½↓, 1↙, ½↗, 1↓
Metacarpalkopf des Mittelfingers	1↑, 2½↓, ½↑
Nagel des Ringfingers	2↖, 1½↗, 1½↑, ½←
Mittelgelenk des Ringfingers	2½↗, 1½↗, 2↘, 1→
Metacarpalkopf des Ringfingers	1↖, 1↘, 0, 1↗
Nagel des Kleinfingers	2↑, 2↗, 1↓, 1↘
Mittelgelenk des Kleinfingers	2½↗, 3↘, 2↓, 1½↘
Metacarpalkopf des Kleinfingers	1↗, ½↑, 1½↙, 1½→
Handgelenk, linke Seite	2½↙, 1↓, 4↙, 3↙
Handknöchel	2↓, 6↓, 2½↖, 2½↖, 1↙, 3↓, 2↓
Mitte des Handgelenks	2½↗, 4←, 1½↙, 2½↙, 2½↓, 2½↙
Mitte der Hand zwischen dem Metacarpalkopf des Mittelfingers und des Handgelenks	2½↖, 5↙, 3½↙, 2½↙
Mitte der Hand zwischen dem Metacarpalkopf des Index und des Handgelenks	3½↙, 3↖, 6↙, 3½↙

§ 2. Visuelle Lokalisation.

A. W. VOLKMANN (160) ist wohl der erste und auch der einzige, der einige Versuche nach dieser Methode angestellt hat; seine Worte lauten folgendermassen: »Wenn man sich bei verschlossenen Augen in die Haut stechen lässt und dann mit geöffnetem Auge und mit Hülfe eines spitzen Instrumentes den Punkt anzeigt, welcher vermeintlich gezeigt wurde, so findet sich, dass man fast immer ihn 1.

irrig angiebt. Die Grösse des Irrtums hat für jede Stelle des Körpers ihre bestimmten Grenzen, und diese richten sich ziemlich genau nach dem Grade der Sensibilität der Teile. Man irrt an den Fingerspitzen nicht leicht um mehr als ½ Linie, an der Hand höchstens um 6‴, am Oberarm bisweilen um 1½ Zoll etc. Man irrt bei weitem am häufigsten in der Richtung der Längsaxe der Nerven, d. h. man giebt den gereizten Punkt gewöhnlich zu tief nach unten (scheinbar Irrtum exzentrischer Leitung), aber auch sehr oft zu hoch nach oben an. Von vier Personen, mit welchen ich experimentierte, irrten drei ziemlich regelmässig in der Weise, dass sie die Empfindung zu weit nach abwärts verlegten, die vierte verfiel fast konstant in den entgegengesetzten Irrtum. Es ist klar, die Tastirrtümer sind nicht vom blossen Zufall, sondern von organischen Verhältnissen abhängig, aber ebenso klar ist, dass dem Gesetze der exzentrischen Leitung zufolge gerade diese Form des Irrens nicht vorkommen dürfte« (Wagner's Handwörterb. d. Physiol. Bd. II, S. 571, 1844).

Im Jahre 1893 veröffentlichte ich einige Versuchsresultate, die mit einer anderen Methode gewonnen waren (Archives de Physiologie 1893). Ich berührte einen Punkt auf der Hand oder dem Arm der Versuchsperson und diese musste auf einer Photographie der Hand oder des Armes den Punkt angeben, wo sie glaubte berührt zu sein. Pillsbury (123) hat später auch einige Versuche nach dieser Methode gemacht.

Systematische Versuche sind also auf dem ganzen Gebiete der Lokalisation mit Hülfe der Gesichtsvorstellung bisher noch nicht gemacht worden. Ich habe einige neue Versuchsreihen auf diesem Untersuchungsgebiete angestellt.

2. Erste Reihe. Die Versuchsperson hält ihren Vorderarm und ihre Hand auf einem Tische und beide sind durch einen Schirm verdeckt; vor ihr liegt eine Photographie oder ein Gypsmodell der Hand oder des Vorderarmes. Ich berühre einen Punkt mit mittlerer Stärke, und die Versuchsperson muss auf der Photographie (oder dem Modell) den Punkt zeigen, an welchem sie berührt zu sein glaubt. Die Berührung dauerte während der Lokalisation an. Das Verfahren war ein unwissentliches; die Versuchsperson wusste also nicht, wie gross die Fehler waren. Nur mit einer Ver-

suchsperson (Dr. Grotenfeld) habe ich auch eine Versuchsreihe mit halbwissentlichem Verfahren (105 Versuche) durchgeführt. Es müssen noch einige Vorsichtsmassregeln erwähnt werden: bei zwei aufeinander folgenden Versuchen muss man zwei entfernte Punkte berühren; in einer Versuchsreihe darf derselbe Punkt nicht zweimal vorkommen; nach etwa 10 Versuchen müssen Pausen eingeschaltet werden, damit die Versuchsperson nicht ermüdet. Nach jedem Versuch musste die Versuchsperson möglichst genau angeben, wie sie die Lokalisation gemacht hatte, und wie gross der begangene Fehler sein könnte. Diese Aussagen der Versuchsperson müssen indessen sehr vorsichtig aufgenommen werden, wie ich schon oben gezeigt habe (S. 103).

3. Zweite Reihe. Die Versuche der ersten Reihe zeigten, dass einige Versuchspersonen viel auf die Qualität des Tasteindrucks achten und diese Qualität für die Lokalisation benützen; es war daher wichtig zu untersuchen, wie die Lokalisation gemacht wird, wenn die Qualität des Tasteindrucks möglichst wenig ausgeprägt ist. Zwei Wege boten sich für diese Untersuchung dar: man konnte die Berührungen entweder sehr leise oder stechend und schmerzhaft machen, ich entschloss mich für das Erstere. Mit zwei Versuchspersonen (Rädler und Judd) machte ich 212 Versuche, bei denen die Haut sehr leise berührt wurde, so dass die Berührung meistens nur im ersten Moment empfunden wurde. Alles andere ist in dieser Reihe, wie in der ersten.

4. Dritte Reihe. Einige Versuchspersonen bemerkten in der ersten Versuchsreihe, dass es ihnen leichter werden würde, auf der Haut selbst den Punkt zu lokalisieren. Mit zwei Versuchspersonen (Prof. Külpe und Judd) wurden daher die Versuche in der Weise angestellt, dass ein Punkt berührt wurde, während die Versuchsperson die Augen geschlossen hatte; dann öffnete sie die Augen und zeigte mit einer Spitze auf ihrer Haut die scheinbare Lage des berührten Punktes; dabei durfte sie die Haut nicht mit der Spitze berühren.

5. Vierte Reihe. Die erste Versuchsreihe zeigte, dass, wenn bei Berührung eines Punktes A die Versuchsperson auf der Photographie einen Punkt B gezeigt hat, bei Berührung von B die Versuchsperson nicht den Punkt A zeigt. Die vierte Versuchsreihe hatte hauptsächlich den Zweck, dieses Resultat zu kontrollieren. Bei einer Versuchsperson (Dr. Jost) zeichnete ich auf der Haut eine Anzahl von Punkten; ich sagte ihr, dass einer von den Punkten berührt werden

würde. Während sie die Augen schloss, berührte ich einen Punkt, dann nahm ich die Spitze weg; sie öffnete die Augen und zeigte ohne zu berühren die scheinbare Lage des Punktes.

6. Fünfte Reihe. Der Zweck dieser Versuchsreihe ist die Untersuchung des Einflusses der kinästhetischen Empfindungen auf die Lokalisation. Die Versuchsperson kreuzte zwei Finger, wie bei dem Aristotelischen Experimente; es wurde ein Finger oder beide berührt, und die Versuchsperson musste auf einer schematischen Zeichnung der gekreuzten Finger die Lage des berührten Punktes angeben.

Was die Zahl der Versuche beträgt, so ist sie folgende: erste Reihe 9 Versuchspersonen 1775 Versuche; zweite Reihe 2 Versuchspersonen 212 Versuche; dritte Reihe 2 Versuchspersonen 105 Versuche; vierte Reihe 1 Versuchsperson 180 Versuche; fünfte Reihe 5 Versuchspersonen 424 Versuche. Im allgemeinen wurden in einer Stunde 15 bis 20 Versuche gemacht.

Resultate.

7. Erste Reihe. Ich betone gleich zu Anfang, dass die Selbstbeobachtungen der Versuchspersonen viel wichtigere Resultate gegeben haben, als die quantitativen Bestimmungen der Fehler. Es wird von vielen Autoren die Bedeutung der Selbstbeobachtungen in den psychologischen Versuchen sehr herabgedrückt; ich glaube, dass es wohl einige Versuche giebt, wo keine Selbstbeobachtungen benützt werden dürfen; aber in der grossen Mehrzahl der Fälle kann nur dann eine Versuchsreihe als vollständig betrachtet werden, wenn sie Selbstbeobachtungen enthält. Was die hier besprochenen Versuche betrifft, so sind die allgemeinen Resultate durch die Selbstbeobachtungen, die Einzelheiten durch quantitative Bestimmungen erhalten worden.

Bei der Lokalisation auf der Photographie oder auf dem Modell verfahren nicht alle Versuchspersonen gleich. Man kann im allgemeinen zwei Gruppen unterscheiden:

1. Versuchspersonen mit guten Gesichtsvorstellungen. Diese stellen sich ihren eigenen Arm oder ihre Hand vor. Unmittelbar vor der Berührung schliessen sie die Augen; dann, sobald sie die Berührung empfinden, suchen sie sich möglichst genau die Hautstelle vorzustellen. Wenn die Lokalisation in dieser Gesichtsvorstellung genügend ist, so öffnen sie die Augen und zeigen auf der Photographie

oder dem Modell die berührte Stelle; manchmal wiederholen sie dieses Verhalten mehrere Male nacheinander, um grössere Sicherheit zu gewinnen. Die Gesichtsvorstellung ist dabei eine schematische, die nur das enthält, was die Versuchsperson braucht: es werden weder die Farbe, noch die Beleuchtung, noch die Einzelheiten der Haut vorgestellt, wohl aber die Kontouren und die hervorragenden Stellen (Leisten, Knöchel, Gelenke etc.). Die Grösse des vorgestellten Bezirkes ist je nach der Hautstelle verschieden: auf den empfindlicheren Stellen (Finger, Gelenke etc.) ist der Bezirk sehr klein, er umfasst z. B. einen Finger; auf den weniger empfindlichen Stellen (Vorderarm, Handrücken etc.) ist er bedeutend grösser; aber mit der Zunahme der Grösse verliert diese Vorstellung an Deutlichkeit und Genauigkeit. Es erscheint paradox, dass man, auch wenn man die Möglichkeit hat, sofort auf dem Gypsmodell zu lokalisieren, doch zuerst mit geschlossenen Augen die Hautstelle sich vorstellt, um dann diese Vorstellung auf das Modell zu übertragen. Besonders paradox erscheint es, wenn man beachtet, dass oft die zuerst gebildete Vorstellung korrigiert werden muss, weil die Versuchsperson sich ihren Arm nicht richtig vorgestellt hatte. Die Versuchspersonen erklärten ihr eigentümliches Verhalten daraus, dass die Vorstellung nur dasjenige enthalte, was sie brauchen, und dass die wichtigsten Teile in der Vorstellung viel deutlicher seien als die Nebenteile; das Modell hingegen stelle alles mit gleicher Deutlichkeit dar, und dies störe.

Die Berührung ruft die Vorstellung von dem Bezirk, in dem sich der berührte Punkt befindet, sofort unmittelbar hervor; aber diese erste Vorstellung ist im allgemeinen sehr ungenau. Nur wenn eine hervorragende Hautstelle (Leiste, Gelenk, Knöchel) berührt wird, ist sie genauer. Um den Punkt näher angeben zu können, benützt man mehrere Hülfsmittel. Ein solches Hülfsmittel ist e r s t e n s die Bestimmung der relativen Lage des berührten Punktes zu gewissen hervorragenden Hautstellen (Rand, Leisten, Knöchel, Gelenke, etc.). Die Versuchsperson sucht sich vorzustellen, wie weit der berührte Punkt von der und der Stelle liegt; und es kann dabei als allgemeine Regel betrachtet werden, dass, je mehr solcher Stellen in der Nähe des Punktes liegen, um so genauer und leichter die Lokalisation ist. Wir haben im I. Kapitel gesehen (S. 61), dass eine Distanz auf der Haut im allgemeinen zu klein vorgestellt wird. Demgemäss ist zu erwarten,

dass der berührte Punkt zu nahe zu den hervorragenden Stellen vorgestellt werde, und daraus eine konstante Richtung für die Fehler entspringe. Die Resultate haben diese Erwartung vollständig bestätigt.

Als zweites Hülfsmittel dient die genaue Beachtung der Qualität der Tastempfindung. Dieses Hülfsmittel kommt aber nur dann in Betracht, wenn die Versuchsperson auf dem Modell selbst (oder Photographie) lokalisiert. Sie beachtet, ob es eine weiche oder harte Stelle ist, ob die Haut beweglich oder dünn, oder dick und wenig beweglich ist u. s. w., und sie sucht auf dem Modell eine diesen Eigenschaften entsprechende Stelle auf. Manchmal sucht sie durch Ausschliessung von anderen benachbarten Stellen zu ihrem Ziele zu kommen. Es wird z. B. die Mitte des Daumenballens Dorsalseite berührt; die Versuchsperson sagt sich: »es ist eine ziemlich weiche Hautstelle, aber wenn es näher zum Daumen wäre, so wäre es noch weicher, wenn es näher zur Sehne wäre, so wäre es nicht so weich; also der Punkt liegt in der Mitte zwischen der Sehne und der höchsten Stelle des Daumenballens. Die Versuchsperson kann sich aber in der Charakterisierung der Tastempfindung irren, und daraus entstehen Fehler. So hat in dem vorigen Beispiele die Versuchsperson sich die Berührung in der Mitte des Daumenballens zu weich vorgestellt, und deswegen hat sie den Punkt zu nahe an der Sehne des Zeigefingers gezeigt. (S. Fig. 22, Punkt 30.)

. Einige Versuchspersonen machen mehr von dem ersten Hülfsmittel Gebrauch, andere mehr von dem zweiten. In allen Fällen kommt das zweite Hülfsmittel nach dem ersten zur Geltung, aber die Angabe dieses zweiten wird dann wieder durch das erste geprüft; so sieht man, dass die beiden Hülfsmittel sich gegenseitig korrigieren.

2. Zur zweiten Gruppe gehören diejenigen Versuchspersonen, die keine guten Gesichtsvorstellungen haben. Sie lokalisieren sofort auf dem Modell, bei ihnen kommt das zweite Hülfsmittel mehr in Betracht, als das erste, obgleich dieses doch nicht vollständig ausgeschlossen ist. Daher sind auch bei diesen Versuchspersonen die Fehler mehr ein Resultat der Ungenauigkeit der Tastvorstellung, als das Resultat einer Unterschätzung der Entfernungen.

8. Wenn man die Lokalisationsfehler betrachtet, so fällt sofort eine Konstanz in der Richtung der Fehler auf; in der grossen Mehrzahl der Fälle ist der Punkt zu nahe an irgend einer hervorragenden Stelle

(Leiste, Knöchel, Rand, Gelenk etc.) angegeben, und wenn die Versuchsperson für einen Punkt immer dieselben »Anhaltspunkte« braucht, so entsteht eine Konstanz in der Richtung der Fehler. Es giebt aber Punkte, für die es keine konstante Richtung der Fehler giebt; dies sind Punkte, welche die Versuchsperson in Bezug auf verschiedene »Anhaltspunkte« lokalisiert. Wenn z. B. der Punkt in der Mitte des Handrückens liegt (s. Fig. 22, Punkte 32, 50, 17, 40, 45), so schätzt die Versuchsperson manchmal die Entfernung zum Handgelenke, manchmal aber zu den Metacarpalköpfen oder zu den Sehnen der Finger, daher wird der Punkt in manchen Fällen zu nahe zum Handgelenke, in anderen Fällen zu nahe an die Finger verlegt. Im allgemeinen wird die Richtung des begangenen Fehlers durch die Unterschätzung der Distanz des Punktes von gewissen Anhaltspunkten bestimmt.

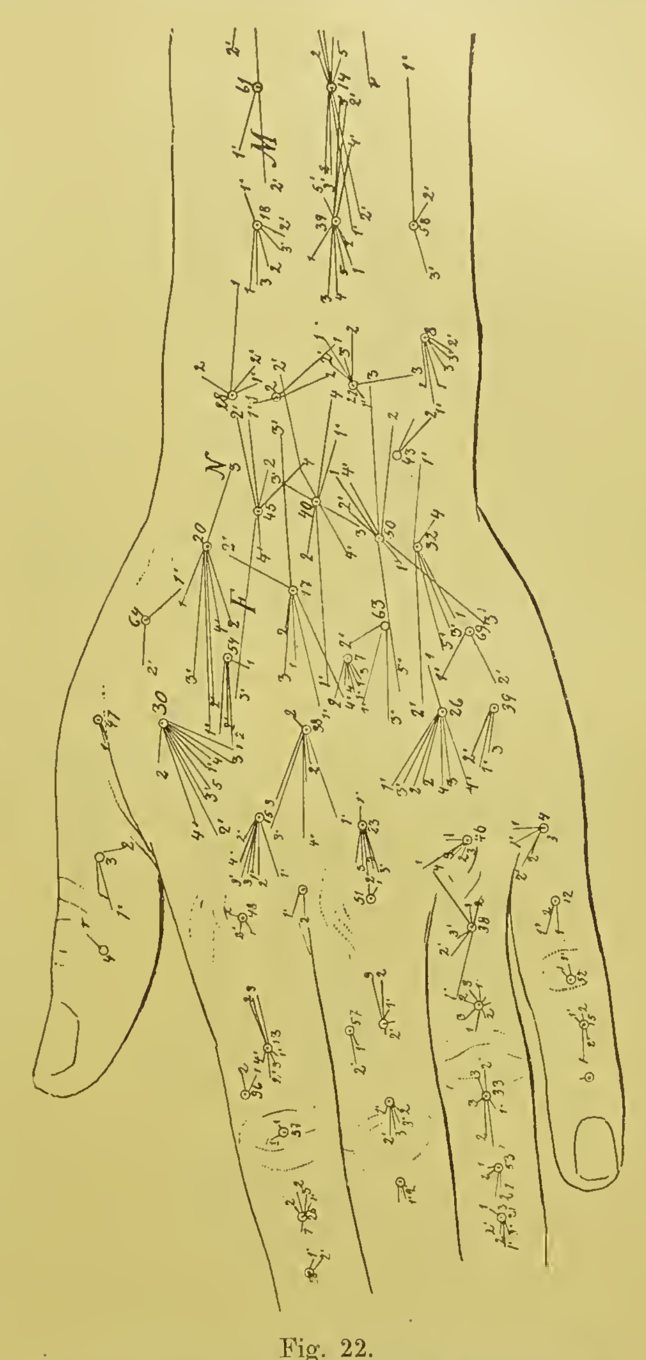


Fig. 22.
Versuchsperson Dr. JUDD. ¾ der natürl. Grösse.

Die folgenden Figuren geben sehr deutliche Beispiele dafür. 9.

Ich notierte auf einem Modell den wirklich berührten Punkt und die Angaben der Versuchsperson, diese letzten Punkte verband ich

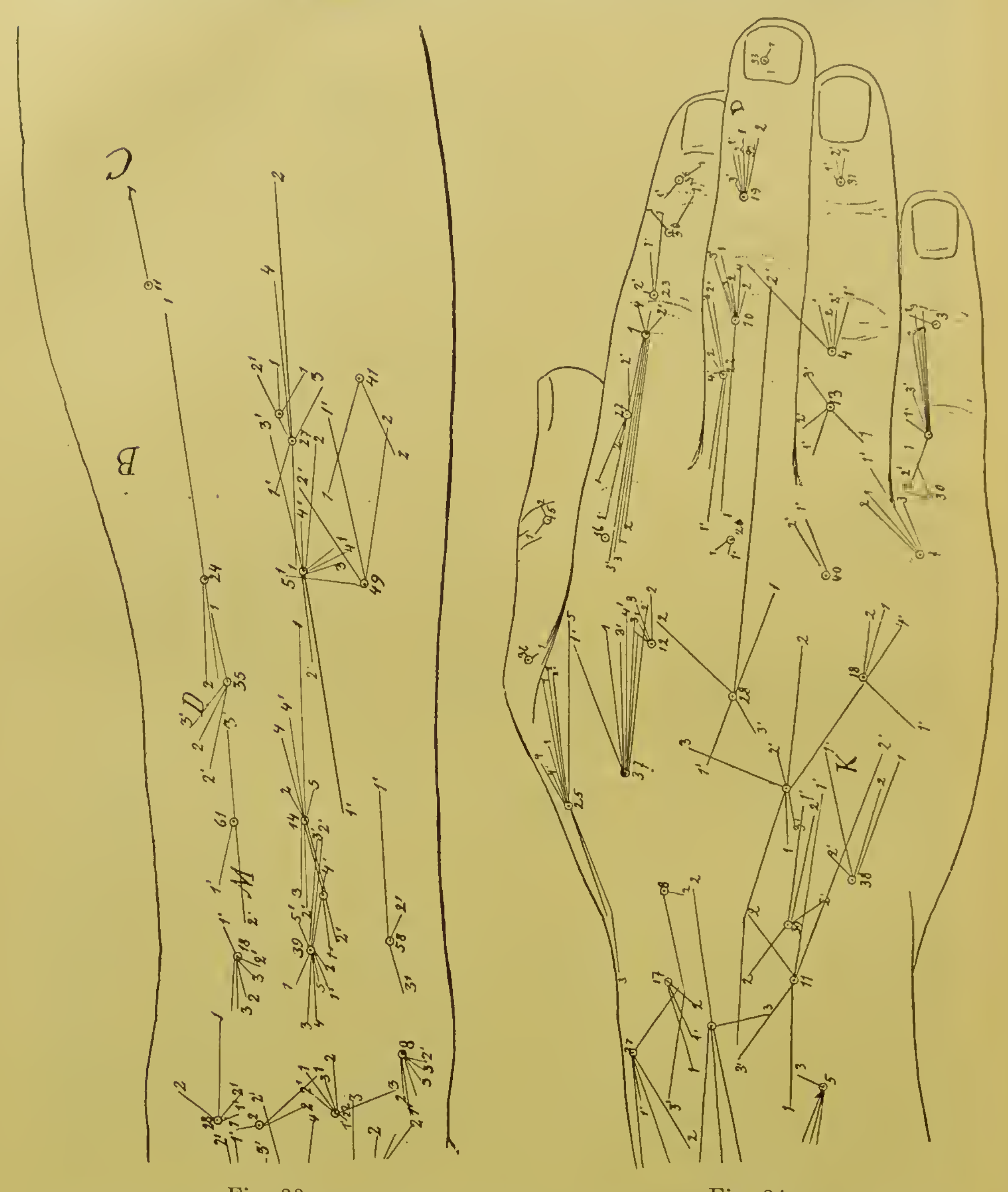


Fig. 23.
Versuchsperson Dr. Judd. Vorderarm dorsal. $\frac{3}{4}$ der natürl. Grösse.

Fig. 24.
Dr. Rädler. $\frac{3}{4}$ der natürl. Grösse.

durch Linien mit dem wirklich berührten. Die folgenden drei Figuren stellen Photographien der Modelle für zwei Versuchspersonen dar,

und die vierte Figur giebt die Resultate der Versuche, bei denen die Versuchsperson auf einer Photographie lokalisieren musste. Die wirklich berührten Punkte sind durch kleine Kreise bezeichnet. (⊙)



Fig. 25.

L... Lokalisation auf der Photographie. $\frac{4}{5}$ der natürl. Grösse.

Die Betrachtung der vier Figuren zeigt, dass die individuellen Unterschiede gross sind. Einige machen grössere Fehler, andere kleinere; ebenso ist bei einigen die Konstanz der Richtung eine viel grössere, als bei anderen, weil die ersteren immer dieselben Anhaltspunkte brauchen, die anderen dagegen möglichst viele verschiedene Anhaltspunkte nehmen. Dann sieht man, dass auf den Fingern die Fehler geringer sind, als auf dem Handrücken, und auf diesem kleiner, als auf dem Vorderarme. Es gilt nämlich die oben erwähnte Regel, dass, je mehr Anhaltspunkte sich in der Nähe des Punktes befinden und je charakteristischer die Tastempfindung ist, um so kleiner die Fehler sind.

Nur bei einer Versuchsperson (Dr. Rädler) kann diese Regel nicht als völlig gültig angenommen werden; sie verwechselte manchmal das Mittelgelenk der Finger mit dem Metacarpalgelenke (s. Fig. 24 Punkte 1 und 10). Bei einigen anderen Versuchspersonen war auch manchmal ein Zweifel über das Gelenk vorhanden.

Ein weiteres Resultat, welches man nach dem oben Gesagten schon erwarten muss, ist folgendes: wenn bei Berührung eines Punktes A die Versuchsperson einen Punkt B zeigt, so wird sie bei Berührung von B im allgemeinen nicht den Punkt A zeigen. Die vierte Versuchsreihe hat dieses Resultat auch bestätigt. Dieses Ergebnis genügt schon allein, um zu zeigen, dass ein grosser Unterschied zwischen dieser Methode und der Bestimmung des Raumsinnes mit dem Tastzirkel besteht, und dass die Tastzirkelmethode die Lokalisationsfähigkeit nicht bestimmt, wie das von einigen Autoren (z. B. Wundt) behauptet wird.

10. Endlich ergab diese Versuchsreihe ein wichtiges Resultat, auf das ich ganz genau eingehen will; es ist die Unsicherheit in der Angabe der Finger. Die meisten Versuchspersonen gaben an, dass bei Berührung eines der drei Finger Index, Medius, Annularis sie sofort die Stelle des berührten Punktes auf dem Finger wussten, aber über den Finger selbst unsicher waren. Diese Unsicherheit war manchmal so gross, dass die Versuchsperson einen falschen Finger zeigte (s. z. B. Fig. 24 Punkte 4 und 7, Fig. 25 Punkte 11 und 19). Ich gebe hier die betreffenden Zahlen:

Versuchs-personen	Index berührt			Medius berührt			Annularis berührt		
	Zahl der Berührg.	Zahl der Zweifel	Art des Zweifels	Zahl der Berührg.	Zahl der Zweifel	Art des Zweifels	Zahl der Berührg.	Zahl der Zweifel	Art des Zweifels
Dr. Grotenfeld	—	—	—	21	6	4 mal Med. u. Ann. 1 » Ind. u. Med. 1 » Ind., Med. u. Ann.	17	7	6 mal Med. u. Ann. 1 » Ind., Med. u. Ann.
Dr. Rädler	—	—	—	10	2	2 mal Med. u. Ann.	8	2	2 mal Med. u. Ann.
Mme L.	38	1	1 mal Ind. u. Med.	35	8	8 mal Med. u. Ann.	40	16	16 mal Med. u. Ann.
Dr. Judd	—	—	—	24	4	4 mal Med. u. Ann.	20	2	2 mal Med. u. Ann.
Dr. Meumann	—	—	—	10	1	1 mal Med. u. Ann.	12	2	2 mal Med. u. Ann.
V. Henri	27	2	2 mal Ind. u. Med.	23	3	2 mal Ind. u. Med. 1 » Med. u. Ann.	21	2	2 mal Med. u. Ann.
Summe	65	3	3 mal Ind. u. Med.	123	24	3 mal Ind. u. Med. 20 » Med. u. Ann. 1 » Ind., Med. u. Ann.	118	31	30 mal Med. u. Ann. 1 » Ind., Med. u. Ann.

Zwei Versuchspersonen haben nie eine Unsicherheit in Bezug auf die Finger gemerkt.

Man sieht aus den obigen Zahlen, dass die meisten Zweifel über Mittel- und Ringfinger bestehen. Um den wirklich berührten Finger zu erkennen, brauchten in sehr übereinstimmender Weise die meisten Versuchspersonen als Hülfsmittel eine sehr leise Bewegung mit einem der Finger; es brauchte der bewegte Finger nicht gerade der berührte Finger zu sein. Manchmal, wenn der Ringfinger berührt wurde, und die Versuchsperson zwischen dem Mittel- und Ringfinger zweifelte, genügte eine leise Bewegung mit dem Zeigefinger, um sofort zu erkennen, dass der Ringfinger berührt wurde. Zwei Versuchspersonen machten gar keine Bewegungen, sie richteten nur ihre Aufmerksamkeit auf die einzelnen Finger nach einander und suchten sich vorzustellen, ob der betreffende Finger frei beweglich sei, oder ob auf ihm die Spitze aufliege. Ich werde in der fünften Reihe ein sehr ähnliches Ergebnis zeigen. Hier will ich nur bemerken, dass diese Beobachtungen durch einige Theorien nicht erklärt werden können.

Hinsichtlich der Zehen irrt man sich sehr oft, wie einige Autoren früher bemerkt haben, und die Fehler finden besonders zwischen den drei mittleren Zehen statt.

Die Versuchsperson gab nach jedem Versuch die Grösse und Richtung des möglichen Fehlers an. Diese Angaben entsprechen den wirklich begangenen Fehlern gar nicht; meistens wird die Grösse der Fehler unterschätzt. Die Versuchsperson giebt einen kleineren Fehler an, wenn die Lokalisation schnell und leicht war; die angegebene Richtung des möglichen Fehlers ist auch meistens falsch, oft ist sie sogar der wirklichen Richtung des Fehlers entgegengesetzt.

11. Zweite Reihe.

Wir haben gesehen, dass bei der Localisation als zweites Hülfsmittel die Qualität der Tastempfindung genommen wurde. In dieser Versuchsreihe liess ich daher, wie erwähnt, eine nur sehr schwach kaum merkbare Berührung eintreten; das Verhalten der Versuchspersonen weicht infolgedessen etwas von dem bei der vorigen Versuchsreihe vorhanden gewesenen Verhalten ab:

a) die Versuchsperson ist genötigt, sehr schnell zu lokalisieren; sie hat keine Zeit zur Überlegung, denn die Empfindung dauert nur eine kurze Zeit.

b) Die Versuchsperson überlegt nicht, welcher Art die Empfindungsqualität sei, denn die qualitativen Unterschiede zwischen den Empfindungen verschiedener Hautstellen sind hier viel geringer, als bei mittlerer Stärke der Berührung.

c) Die Lokalisation wird meistens unmittelbar sofort auf dem Modell vorgenommen; die Versuchsperson macht etwas von den Anhaltspunkten Gebrauch, indem sie die Entfernung des Punktes zu diesen Anhaltspunkten zu schätzen sucht.

Die Sicherheit der Versuchsperson ist hier eine geringere, als in der ersten Versuchsreihe. Die Fehler haben hier auch eine konstante Richtung und ihre Grösse übertrifft etwas die vorige; besonders deutlich ist dieser Unterschied hinsichtlich der Fehlergrösse bei einer Versuchsperson (Dr. Rädler) zu bemerken, welche letztere auch beobachtete, dass bei diesen Versuchen die Unsicherheit in Bezug auf den berührten Finger eine grössere sei.

Dritte Reihe.

12. Einige von den Versuchspersonen, die gute Gesichtsvorstellungen haben, behaupteten, dass es ihnen leichter fallen würde, nicht auf dem Modell, sondern auf der Haut zu lokalisieren. Ich machte daher folgende Versuche: während der Berührung hielt die Versuchsperson die Augen geschlossen; nach Wegnahme der Spitze von der Haut öffnete sie die Augen und zeigte die scheinbare Stelle der Berührung. Es ist dies, wie man sieht, das Verfahren von Volkmann. Die Versuche nach dieser Methode ergaben keine neuen Resultate; die Grösse der Fehler ist nicht kleiner, als in der ersten Versuchsreihe; sie ist oft sogar grösser. Die Sicherheit der Versuchsperson ist hier geringer, als in der ersten Reihe, denn man kann die Aufmerksamkeit nicht so sehr auf den Tasteindruck konzentrieren.

Vierte Reihe.

Ich zeichnete auf dem rechten Vorderarme der Versuchsperson (Dorsalseite) ein System von Punkten; ich berührte einen (oder zwei) von diesen Punkten, während die Versuchsperson ihre Augen geschlossen hielt, nahm die Spitze weg, die Versuchsperson öffnete die Augen und zeigte mit einer Spitze den scheinbar berührten Punkt (oder die Punkte), ohne ihn dabei zu berühren. Es wurden zwölf Reihen (*A*, *B*, *C*, *D*, *E*, *F*, *G*, *H*, *K*, *L*, *M*, *N*) zu je sechs Punkten aufgezeichnet; die Entfernungen der Punkte von einander

betrug 8 mm; der Punkt *A* 1 (Fig. 26) lag in der Mitte des Handknöchels. Der Zweck der Methode war zunächst eine Nachprüfung des oben erwähnten Resultats, dass, wenn bei Berührung eines Punktes *A* die Versuchsperson einen Punkt *B* zeigt, sie bei Berührung von *B* im Allgemeinen nicht den Punkt *A* zeigt. Die Versuche bestätigten vollkommen dieses Resultat. Eine »Reciprocität« kam in der That kein einziges Mal (bei 54 Versuchen) vor. Ich gebe in der folgenden Tabelle die Resultate wieder: die erste Kolumne enthält die berührten Punkte, die zweite die gezeigten und die dritte die Grösse und Richtung der Fehler.

Fig. 26.

Ferner habe ich Versuche angestellt, bei denen zwei Punkte gleichzeitig berührt wurden und die Versuchsperson dann die Lage der Punkte angeben musste. Es haben einige Autoren behauptet, dass, wenn bei Berührung mit zwei Spitzen ein Punkt gefühlt werde, alsdann dieser Punkt in der Mitte zwischen den zwei berührten Punkten lokalisiert werde. Die Versuche zeigten ein ganz anderes Resultat: man lokalisiert sehr selten den Punkt in der Mitte; die Lokalisation bei der Berührung zweier Punkte unterscheidet sich vielmehr im Allgemeinen wenig von der Lokalisation nur eines berührten Punktes, wie die Tabelle auf S. 132 f. zeigt. Es werden nämlich auch bei Empfindung zweier Punkte diese zu nahe an das Handgelenk oder an den Ellenbogen verlegt. Die Versuche zeigten weiter deutlich,

Berührt	Gezeigt	Fehler	Berührt	Gezeigt	Fehler
A 1	*A* 1	0	*F* 5	*E* 5	8 mm ↑
A 2	*A* 3	8 mm ←	*F* 5	*E* 5	8 » ↑
A 4	*B* 4	8 » ↓	*G* 2	*L* 2	24 » ↓
B 2	*C* 3	11 » ↙	*G* 3	*D* 4	26 » ↖
B 3	*B* 0	0	*G* 4	*E* 6	22 » ↖
B 4	*B* 4	0	*G* 5	*G* 5	0
B 5	*C* 4	11 mm ↘	*H* 1	*M* 2	33 mm ↙
B 5	*D* 5	16 » ↓	*H* 2	*H* 3	8 » ←
C 2	*C* 2	0	*H* 2	*L* 3	18 » ↙
C 2	*B* 2	8 mm ↑	*H* 3	*F* 3	16 » ↑
C 3	*D* 3	8 » ↓	*H* 4	*H* 4	0
C 4	*C* 4	0	*H* 5	*G* 5	8 mm ↑
C 5	*C* 5	0	*K* 2	*L* 2	8 » ↓
D 2	*E* 3	11 mm ↙	*K* 3	*L* 3	8 » ↓
D 3	*C* 2	11 » ↗	*K* 5	*G* 5	16 » ↑
D 3	*C* 4	11 » ↖	*L* 1	*K* 2	11 » ↖
D 4	*C* 4	8 » ↑	*L* 2	*L* 3	8 » ←
D 5	*E* 6	11 » ↙	*L* 2	*K* 3	11 » ↖
E 2	*E* 3	8 » ←	*L* 3	*L* 3	0
E 3	*B* 2	24 » ↑	*L* 4	*K* 4	8 mm ↑
E 4	*D* 6	18 » ↖	*L* 4	*H* 5	18 » ↖
E 5	*C* 5	16 » ↑	*L* 5	*L* 5	0
E 6	*F* 6	8 » ↓	*L* 5	*M* 5	8 mm ↓
F 2	*F* 3	8 » ←	*M* 1	*L* 1	8 » ↑
F 3	*D* 4	18 » ↖	*M* 2	*N* 3	11 » ↙
F 3	*L* 3	32 » ↓	*M* 4	*N* 4	8 » ↓
F 4	*F* 4	0			

dass die Entfernung der berührten Punkte in der Mehrzahl der Fälle unterschätzt wird. Näheres zeigt die Tabelle. In der ersten Kolumne derselben sind die berührten Punkte gegeben; in der zweiten die gezeigten; in der dritten ist die Lage der berührten und der gezeigten Punkte dargestellt. Die Bezeichnung durch P u n k t e bedeutet die ersten, durch K r e i s e die zweiten.

Berührt	Gezeigt	Relative Lage
B 3, *B* 5. 16 ⟷	*A* 5. 2 P. nahe	
B 3, *B* 5. 16 ⟷	*B* 4. 2 P. nahe	
B 3, *B* 5. 16 ⟷	*C* 3	
B 3, *B* 5. 16 ⟷	*A* 3, *A* 4. 8 ⟷	
B 3, *B* 5. 16 ⟷	*C* 3. 2 P. nahe	
B 3, *B* 5. 16 ⟷	*C* 3, *C* 4. 8 ⟷	
B 2, *B* 5. 24 ⟷	*C* 2, *D* 4. 18 ⤢	
B 2, *B* 5. 24 ⟷	*C* 2.	
B 2, *B* 5. 24 ⟷	*A* 2, *B* 5. 26 ⤢	
B 2, *B* 5. 24 ⟷	*B* 2, *C* 4. 18 ⤢	
B 2, *B* 5. 24 ⟷	*B* 2, *B* 4. 16 ⟷	
B 2, *B* 5. 24 ⟷	*B* 2, *B* 3. 8 ⟷	
B 2, *B* 5. 24 ⟷	*A* 1, *B* 3. 18 ⤢	
B 2, *B* 5. 24 ⟷	*A* 1, *B* 5. 33 ⤢	
C 4, *C* 5. 8 ⟷	*C* 3	
C 3, *C* 5. 16 ⟷	*A* 5	
D 2, *D* 4. 16 ⟷	*B* 3, *B* 4. 16 ⟷	
D 2, *D* 6. 32 ⟷	*B* 2, *C* 6. 33 ⤢	

Berührt	Gezeigt	Relative Lage
G 2, *G* 4. 16 ↔	*D* 4	
G 2, *G* 4. 16 ↔	*C* 4	
G 3, *G* 5. 16 ↔	*F* 4	
G 3, *G* 5. 16 ↔	*G* 4	
G 3, *G* 5. 16 ↔	*D* 4, *E* 5. 11 ⤢	
G 3, *G* 5. 16 ↔	*H* 4	
G 3, *G* 5. 16 ↔	*F* 5	
G 3, *G* 5. 16 ↔	*G* 4. 2 P. nahe	
G 2, *G* 5. 24 ↔	*F* 3, *F* 5. 16 ↔	
G 2, *G* 5. 24 ↔	*H* 2, *H* 3. 8 ↔	
G 2, *G* 5. 24 ↔	*K* 4, *K* 5. 8 ↔	
G 2, *G* 5. 24 ↔	*C* 3, *C* 2. 8 ↔	
G 2, *G* 5. 24 ↔	*G* 3, *G* 5. 16 ↔	
G 2, *G* 5. 24 ↔	*F* 3, *F* 5. 16 ↔	
G 2, *G* 5. 24 ↔	*H* 3, *G* 4. 11 ⤡	
G 2, *G* 5. 24 ↔	*D* 2, *E* 4. 18 ⤢	
H 2, *H* 5. 24 ↔	*F* 5, *G* 6. 11 ⤢	
H 2, *H* 6. 32 ↔	*F* 2, *F* 6. 32 ↔	

Berührt	Gezeigt	Relative Lage
M 2, *M* 4. 16 ↔	*M* 4, *L* 4. 8 ↕	
M 2, *M* 4. 16 ↔	*L* 3	
M 2, *M* 4. 16 ↔	*L* 2, *L* 4. 16 ↔	
M 3, *M* 5. 16 ↔	*N* 4	
M 3, *M* 5. 16 ↔	*L* 4	
M 3, *M* 5. 16 ↔	*N* 3	
M 3, *M* 5. 16 ↔	*M* 3	
M 3, *M* 5. 16 ↔	*M* 3	
M 2, *M* 5. 24 ↔	*K* 2, *K* 4. 16 ↔	
M 2, *M* 5. 24 ↔	*N* 2, *N* 4. 16 ↔	
M 2, *M* 5. 24 ↔	*N* 3, *N* 5. 16 ↔	
M 2, *M* 5. 24 ↔	*L* 3. 2 P. nahe	
M 2, *M* 5. 24 ↔	*H* 3, *H* 4. 8 ↔	
M 2, *M* 5. 24 ↔	*G* 4, *H* 4. 8 ↕	
M 2, *M* 5. 24 ↔	*N* 3, *N* 4. 8 ↔	
B 4, *E* 4. 24 ↕	*B* 5, *C* 5. 8 ↕	
B 4, *E* 4. 24 ↕	*C* 3, *D* 4. 11 ⤢	
B 4, *E* 4. 24 ↕	*D* 4, *E* 4. 8 ↕	

Berührt	Gezeigt	Relative Lage
B 4, *E* 4. 24 ↕	*C* 3, *D* 4. 11 ⤢	
B 5, *E* 5. 24 ↕	*E* 5 u. Mitte zw. *E* 5 u. *F* 5	
C 4, *G* 4. 24 ↕	*C* 5, *D* 5. 8 ↕	
E 2, *G* 2. 16 ↕	*D* 3	
E 4, *H* 4. 24 ↕	*H* 4, *G* 5. 11 ⤡	
E 4, *H* 4. 24 ↕	*D* 4. 2 P. nahe	
E 4, *H* 4. 24 ↕	*E* 4. 2 P. nahe	
E 4, *H* 4. 24 ↕	*D* 4	
E 2, *K* 2. 32 ↕	*E* 2, *F* 2. 8 ↕	
E 5, *L* 5. 40 ↕	*D* 5, *E* 5. 8 ↕	
G 2, *M* 2. 32 ↕	*G* 3, *H* 3. 8 ↕	
G 4, *M* 4. 32 ↕	*F* 5	
H 4, *M* 4. 24 ↕	*M* 4	
H 4, *M* 4. 24 ↕	*L* 4	
H 4, *M* 4. 24 ↕	*M* 3. 2 P. nahe	

Man sieht, dass die Richtung meistens richtig erkannt wurde; doch kommen auch hinsichtlich dieser in einigen Fällen noch Fehler vor.

Diese Versuche müssten in grösserer Zahl wiederholt werden, sie würden dann wohl einige neue Resultate ergeben.

13. Fünfte Reihe.

Ich habe im ersten Kapitel (S. 69) die Resultate dargestellt, welche bei der Berührung zweier Punkte auf zwei Fingern bei normaler und gekreuzter Lage erhalten wurden. Hier werde ich die Fortsetzung jener Versuchsreihe beschreiben. Die Versuchsperson musste auf einer Zeichnung ihrer Finger die berührten Stellen lokalisieren; sie musste möglichst gut sich die Lage der Finger vorstellen, aber keine Bewegungen machen. Die Zeichnung, auf der die Lokalisation gemacht wurde, stellte die Finger in derjenigen Lage dar, in der sie berührt wurden, also in normaler oder gekreuzter Lage.

Die Versuche zeigten sehr deutlich, dass bei der gekreuzten Lage die Finger verwechselt wurden, d. h. der auf dem Ringfinger berührte Punkt wurde auf der korrespondierenden Stelle des Mittelfingers und der Punkt des Mittelfingers auf dem Ringfinger gezeigt. Sogar wenn ich nur einen Punkt berührte, so wurde er an der korrespondierenden Stelle des anderen, unberührten Fingers gezeigt.

Ich gebe ein Beispiel: es sind in der normalen Lage (Fig. 28) die Punkte *a*, *b* berührt; die Versuchsperson zeigt sehr nahe liegende Punkte, die auf der Figur 28 schraffiert bezeichnet sind. Bei der

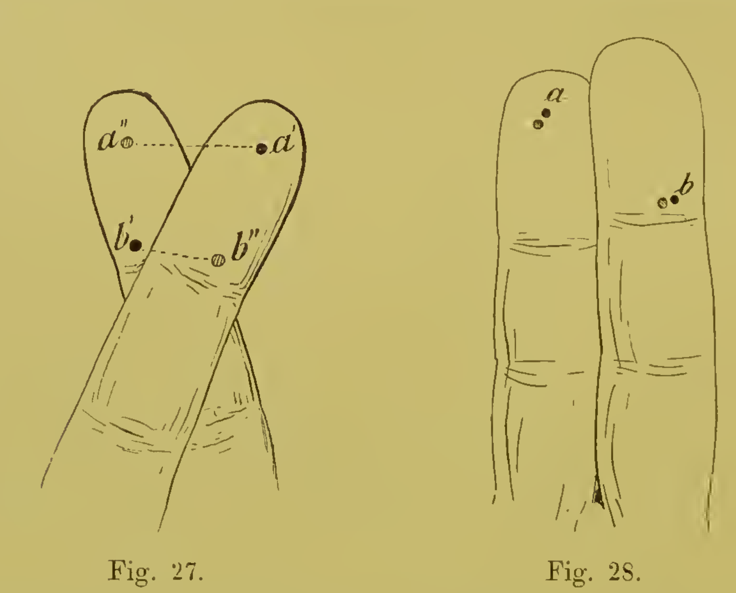


Fig. 27. Fig. 28.

gekreuzten Lage sind dieselben Punkte in *a'*, *b'* (Fig. 27). Wenn man die letztgenannten Punkte berührt, so zeigt die Versuchsperson die Punkte *a''*, *b''*; und wenn man auf den Punkt *a'* drückt, so

scheint es der Versuchsperson, dass der Punkt a'' gedrückt werde; ebenso korrespondiert b'' mit b'; es findet also eine Verwechselung der Finger statt. Aber dasselbe Resultat erhält man auch, wenn nur ein Punkt berührt wird. Wenn man z. B. den Punkt a' auf dem Ringfinger berührt, so zeigt die Versuchsperson den Punkt a'' auf dem Mittelfinger und umgekehrt. Dieses Resultat erhält man deutlich auch bei Blinden, wenn man sie bittet, die Lage der berührten Punkte zu beschreiben.

14. Alle fünf Versuchspersonen, mit denen ich diese Versuche gemacht habe, haben sehr deutlich dieses Resultat gegeben; ich gehe jetzt auf einige individuelle Unterschiede ein. Eine Versuchsperson (Dr. Pilzecker) hat oft bei Berührung der beiden Finger mit zwei Spitzen zwei Punkte auf einem der Finger gezeigt; es schien ihm nur ein Finger mit beiden Spitzen berührt zu werden. Dies kam besonders in den Fällen vor, wo die entgegengesetzten Ränder der gekreuzten Finger, d. h. Ulnarrand des Mittelfingers und Radialrand des Ringfingers, berührt wurden; dann schienen nämlich die beiden Punkte sehr nahe an einander zu liegen. Eine ähnliche Beobachtung ist auch von Rivers (128) gemacht worden. Er schreibt, dass, wenn man die gekreuzten Finger (Index und Mittelfinger) mit einem Stäbchen in der Falte gleichzeitig berührt, es scheine, als ob nur ein Finger an beiden Seiten mit zwei Stäbchen berührt werde.

Eine andere Versuchsperson (Dr. Jost), die sehr deutliche Gesichtsbilder hat und sehr stark sich zu konzentrieren im Stande ist, hat nach einigen Versuchen, die gleich den oben beschriebenen ausfielen, eine Vorstellung gehabt, in der zwei gekreuzte Finger und links daneben ein supplementärer Finger vorgestellt wurden (es war, wie erwähnt, die rechte Hand, mit der Volarseite nach oben gerichtet, berührt). Die beiden gekreuzten Finger erschienen ihm als ein untrennbares Ganzes. Wenn man die beiden Finger berührte, so wurde die Berührung des Mittelfingers an der richtigen Stelle lokalisiert; der Ringfinger schien der Versuchsperson gar nicht berührt zu sein, vielmehr schien der zweite Punkt auf dem supplementären Finger zu liegen. Wenn man nur den Ringfinger berührte, so kam es der Versuchsperson vor, als ob die gekreuzten Finger nicht berührt würden, sondern der Punkt auf dem supplementären Finger

liege. Die Versuchsperson wusste durch Überlegung, dass dieser supplementäre Finger dem Ringfinger korrespondierte, sie konnte sich denselben aber nicht als Ringfinger vorstellen. So kam es, dass diese Versuchsperson bei gekreuzter Lage die relative Lage der berührten Punkte richtig angab (vergl. dazu die Resultate S. 71 ff.), aber diese Angaben kosteten ihr sehr viel Mühe, so dass mehr als fünf Versuche nicht nach einander gemacht werden konnten.

Die dritte Versuchsperson (Miss Martin) hat sehr ausgeprägte Nachempfindungen. Nach einem Versuche, bei welchem nur ein Punkt berührt wurde, hatte sie eine Kitzelempfindung und berührte mit dem Daumen derselben Hand den falschen Finger; dadurch auf diese Erscheinung aufmerksam gemacht, merkte sie mehrere Male nach dem Versuche, dass sie eine Verwechselung begangen hatte. Darauf bat ich sie, diese Verwechselung möglichst gut zu korrigieren; sie konnte dies thun, indem sie während des Versuchs genau an die Finger dachte; dabei hat sie aber doch einige Male noch die Verwechselung begangen.

Die vierte Versuchsperson (Prof. G. E. Müller) hat bis zum Ende der Versuche nichts von der Verwechselung gemerkt, die Sicherheit der Angaben war eine sehr grosse.

Die fünfte Versuchsperson (C. Henri) hat auch nichts gemerkt. Da sie lange und leicht bewegliche Finger hat, so machte ich mit ihr bei der gekreuzten Lage einige Versuche, die mit anderen Versuchspersonen nicht gemacht werden konnten. Während der Berührung eines Fingers mit einer Spitze bat ich sie, den Mittelfinger etwas zu bewegen und erst dann die Lokalisation zu vollziehen. Diese Bewegung des Mittelfingers hat aber den Fehler nicht korrigiert; die Finger wurden bei diesen Versuchen ebenso konstant wie bei den vorigen verwechselt.

Die beiden Blinden endlich haben ihre Fehler auch nicht bemerkt; die Beschreibung mit Worten wurde so vollständig wie möglich gegeben. Beispiel: es werden bei gekreuzter Lage die Mitte der Spitze des Ringfingers und die Mitte des Endgelenkes des Mittelfingers berührt; der Blinde sagt: »der Ringfinger, der oben liegt, ist in der Leiste des Gelenkes, der Mittelfinger, der unten liegt, in der Mitte der Spitze berührt«; man sieht, dass die Finger verwechselt werden.

Es ist interessant, zu bemerken, dass die Sicherheit der Versuchspersonen in allen diesen Fällen eine sehr grosse war; einige wunderten sich sogar, warum ich so viele Versuche mache und wozu ich nach dem gedrückten Punkte frage; »es ist ja so klar, dass der Punkt des Mittelfingers gedrückt ist«, sagte man mir öfters, wenn ich den Punkt auf dem Ringfinger drückte.

Am Ende machte ich einige Versuche mit halbwissentlichem Verfahren. Nach jedem Versuch sagte ich, welche Punkte wirklich berührt wurden; dieses Wissen hat aber die Resultate nicht beeinflusst: die Versuchsperson war hinsichtlich des für sie vorhandenen psychologischen Eindrucks ganz sicher, obgleich sie wusste, dass derselbe irreführend war.

Der Versuch gelingt nicht so gut mit dem Zeigefinger und dem Mittelfinger, denn die Empfindung auf dem Zeigefinger ist eine sehr »charakteristische«; aber er gelingt sehr gut mit dem Ringfinger und dem Kleinfinger, wovon sich jeder überzeugen kann.

15. Diese Resultate stehen in naher Analogie zu einem Versuche, der mir von Prof. G. E. Müller mitgeteilt wurde. Man streckt die beiden Arme vor sich; stellt die Hände so, dass die Volarseiten nach aussen gerichtet sind; dann legt man die rechte Hand über die linke so, dass die Volarseiten der beiden Hände sich berühren; dann faltet man die Finger zwischen einander, so dass die beiden Hände in einander verschlungen sind. Man bewegt dann die Hände nach unten, indem man die Arme in den Ellenbogen beugt; man führt die Hände vor die Brust, so dass die Finger der beiden Hände oben liegen. Wenn man nun auf die Finger sieht, so sind die Finger der rechten Hand von links nach rechts, die der linken von rechts nach links gerichtet. Während man so die Finger ansieht, bittet man eine andere Person, irgend einen Finger zu zeigen ohne zu berühren, und man versucht diesen Finger zu bewegen; man bewegt in der Regel den korrespondierenden Finger der anderen Hand. Wird z. B. der rechte Ringfinger gezeigt, so bewegt man den linken Ringfinger und umgekehrt. Sobald man den Irrtum merkt, verliert man jede Sicherheit, »man weiss nicht mehr, wie die Finger zu bewegen sind«. Wird der Finger nicht blos gezeigt, sondern berührt, so begeht man keinen Fehler.

16. Hierher gehört auch folgender Versuch: man setzt sich vor einem

Spiegel und legt ein Blatt Papier auf den Tisch, so dass man im Spiegel durch Reflexion das Papier sehen kann. Durch einen Schirm verdeckt man das Papier, damit man es nicht direkt sehen kann; in der rechten Hand hält man einen Bleistift. Ein anderer zeichnet auf dem Papier zwei Punkte in einer diagonalen Richtung. Man sieht nun durch Reflexion im Spiegel das Papier und die Punkte und muss versuchen, mit dem Bleistift einen Strich von dem einen Punkt zum anderen zu machen. Man verwechselt dabei oben mit unten und rechts mit links. Die individuellen Unterschiede sind sehr gross: einige Individuen kommen nach wenigen Versuchen zum Ziel, andere dagegen können den Strich erst nach längerer Zeit machen. Die Bewegungen sind dabei sehr unsicher, so dass man einen krummen Strich statt einer Geraden zeichnet.

Ich gebe hier ein Beispiel: es waren die Punkte A u. B (Fig. 29) gezeichnet; die Versuchsperson musste einen Strich von A zu B ziehen, während sie das Papier mit den Punkten und die eigene Hand mit dem Bleistift durch Reflexion im Spiegel sah.

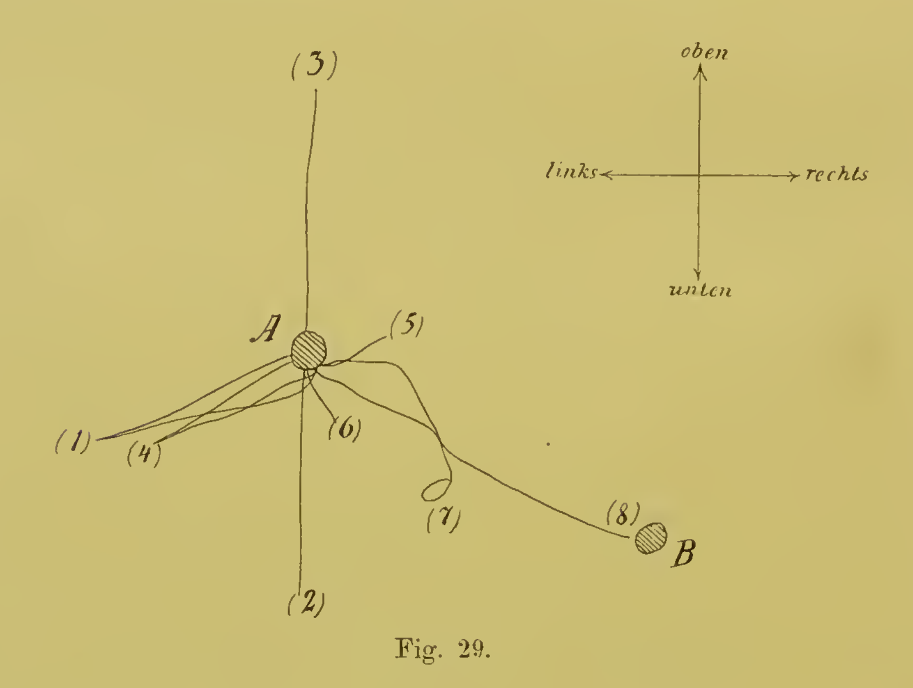


Fig. 29.

Sie hat zuerst den Strich A—(1), dann A—(2), dann A—(3), A—(4), A—(5), A—(6), A—(7) und endlich mit grosser Mühe den richtigen Strich A—(8) gezeichnet.

Wenn man statt zweier Punkte mehrere aufzeichnet oder eine Figur zu zeichnen bittet, so merkt man noch andere Eigentümlichkeiten. Dieser Versuch erlaubt die Association zwischen den Gesichtswahrnehmungen und den Armbewegungen zu trennen; er kann, wie ich glaube, zu einigen wichtigen Resultaten führen. Ich werde in einer späteren Arbeit darauf zurückkommen.

§ 3. Lokalisation mit Beschreibung.

Diese Lokalisationsmethode besteht darin, dass man die Versuchsperson bittet, die berührte Stelle mit Worten zu beschreiben. An normalen Individuen sind Versuche nach dieser Methode nur von Barth (10) und von mir gemacht worden. Die Lokalisation kann keine sehr genaue sein; sie geschieht im allgemeinen mit Hülfe der Gesichtsvorstellung, aber manchmal auch ohne sie. Sobald die Versuchsperson etwas genauer die Lage des Punktes bestimmen will, giebt sie die Distanz von gewissen Hautstellen an, und dabei begeht sie ähnliche Fehler, wie in den früher erörterten Fällen, d. h. es wird die Distanz unterschätzt.

Diese Methode findet hauptsächlich Verwendung in pathologischen Fällen, wo sie auch oft gebraucht worden ist, wie wir im nächsten Kapitel sehen werden.

III. Kapitel.

Thatsachen aus der Physiologie und Pathologie.

§ 1. Reflexartige Lokalisation. Gesetz der excentrischen Projektion.

1. Man hat bis jetzt die Thatsachen der Physiologie und Pathologie zu wenig beachtet; es ist aber, glaube ich, nicht möglich, eine befriedigende Theorie aufzustellen, ohne diese Thatsachen in Betracht gezogen zu haben; deswegen werde ich hier ziemlich ausführlich auf dieselben eingehen.

Aus der Physiologie sind nicht ohne Wichtigkeit für die Lokalisationsfrage die Beobachtungen über Reflexe hirnloser Tiere.

Wenn man einem Frosch das Gehirn zerstört und dann einen Punkt der Bauchhaut berührt, so macht er Bewegungen mit den Extremitäten; bei passender Intensität des Reizes bewegt er nur das Bein der gereizten Seite. Es wird das Bein so bewegt, dass es die gereizte Stelle berührt (*Abwischbewegungen*). Die Bewegung ändert sich mit der Lage des Reizes. Wenn man das betreffende Bein abschneidet, so macht der Frosch eine Abwischbewegung mit dem anderen Beine. Diese Bewegungen sind, wie man sieht, zugleich *Lokalisationsbewegungen*; aber man muss beachten, dass diese Lokalisationsbewegungen sehr ungenau sind; oft trifft das Bein gar nicht die berührte Stelle. Ganz ähnliche Beobachtungen sind von Vulpian an gehirnlosen Tritonen gemacht worden. Goltz (229) hat an einem gehirnlosen Hunde folgendes beobachtet: wenn man ihn an einer Rumpfseite kratzt, so macht er mit der Hinterpfote derselben Seite Kratzbewegungen in der Luft (S. 576). Robin behauptet, auch an einem enthaupteten Menschen, dessen Brust man berührte, eine Lokalisationsbewegung des Armes beobachtet zu haben.

2. Die reflektorischen Lokalisationsbewegungen können auch bei gehirnlosen Tieren viel komplicierter sein. Wenn man z. B.,

schreibt Goltz, eine Hautstelle des gehirnlosen Hundes zerrt oder drückt, so fängt er an zu bellen und »gleichzeitig sucht er sich durch geeignete Bewegungen der Gliedmaassen, des Kopfes und des Rumpfes von der ihn fassenden Hand zu befreien. Gelingt ihm dies nicht, so beisst er zu und krümmt dabei die Wirbelsäule zweckentsprechend. Hat man z. B. die rechte Hinterpfote ergriffen, so beisst er, die Wirbelsäule im Kreisbogen krümmend, nach rechts hin. Packt man den linken Hinterfuss, so schnappt er mit entgegengesetzter Wendung nach links. Allerdings trifft er bei diesem Zornausbruch nur selten die beleidigende Hand, sondern streift sie nur mit den Zähnen oder beisst vollständig in die Luft. Die Fähigkeit, zielbewusst den Ort der Belästigung zu finden, geht ihm offenbar ab« (S. 574).

Aus allen diesen Beobachtungen geht hervor:

1. dass gewisse Lokalisationsbewegungen rein reflektorisch sind und vom Rückenmarke abhängen;

2. dass aber die reflektorische Lokalisation eine annähernde und keine genaue ist. Das Erstere ist von einigen wenigen Autoren beachtet worden [Lotze[1]), Külpe (88)], das Letztere überhaupt noch nicht.

3. Einige Physiologen haben behauptet, dass das Rückenmark allein zu psychischen Funktionen Veranlassung geben kann; so hat z. B. Talma (308) dies durch folgenden Versuch zu beweisen gesucht. Wenn man bei einem gesunden Frosch die sensiblen Lendenwurzeln auf einer Seite durchschneidet, so macht das Bein dieser Seite viel ungeschicktere Bewegungen, als das der normalen Seite; daraus schliesst man, dass die Hautempfindungen des Beines eine grosse Bedeutung für die Bewegungen dieses Beines haben. Wenn man nun das Tier enthauptet, so merkt man auf der geschädigten Seite dieselbe Ungeschicklichkeit und Unzweckmässigkeit der Bewegungen wie vorhin; d. h. bei Reizung der Bauchhaut auf der unverletzten Seite macht das betreffende Bein Abwischbewegungen; bei Reizung der Haut auf der verletzten Seite bewegt sich das korrespondierende Bein hin und her, streckt sich u. s. w., die Bewegungen sind hier unzweckmässig. Talma schliesst daraus, dass auch das enthauptete Tier gewisse Tast-

1) Lotze, Instinkt. Handwörterb. d. Physiol. 1844. Bd. II. S. 191—209.

empfindungen hat, die zur Regulierung der Bewegungen dienen (PFLÜG. Arch. Bd. 37).

Diese Beobachtungen stehen im Einklange zu den Äusserungen vieler Autoren über die Bedeutung der Bewegungs- und Tastempfindungen für die Lokalisation und für koordinierte Bewegungen überhaupt (Ataxie). So schreibt z. B. LONGET: »La condition première de l'harmonie dans les mouvements se trouve dans la sensation même de leur accomplissement. En effet, comment voudrait-on qu'un homme ou un animal qui a perdu la sensation du mouvement, exécuté par ses membres, qui ne peut plus juger de leur attitude, de leur rapport avec les objets extérieurs, qui ne sait même plus, pour ainsi dire, s'ils existent, qui enfin ne sent plus avec ses membres le sol sur lequel il pose, pût marcher regulièrement, conserver son équilibre et faire agir ceux-ci avec leur énergie, leur promptitude et leur harmonie première? Dans ce cas la volonté ne peut avoir qu'une action très incomplète sur les muscles: dès lors on ne doit plus s'étonner du trouble considérable qu'occasionne, dans les fonctions locomotrices, une lésion profonde des faisceaux medullaires postérieurs, qui néanmoins président exclusivement à la sensibilité« (LONGET, Anatomie et physiologie du système nerveux. I. 1842. S. 326).

4. Eine weitere Beobachtung, die von vielen Physiologen gemacht wurde, ist die »excentrische Projection« oder »Externalisation« der Empfindungen: wenn irgend ein Punkt einer sensorischen Bahn mit gewisser Intensität gereizt wird, so wird die eintretende Empfindung in die peripherischen Endigungen der Nerven verlegt[1]); dabei darf die Verbindung mit dem Gehirn nicht unterbrochen sein; der vom gereizten Punkte aus peripher liegende Teil der Bahn darf aber unterbrochen oder zerstört sein.

Dieses Gesetz der excentrischen Projektion ist schon von HALLER (1762) genau formuliert worden: »ergo nervus quicunque compressus, quocunque loco, modice quidem pressus dolorem facit singularem vehementius vero elisus sensum aufert ei parti corporis animalis, quam suis ramis adit« (Elementa physiologiae. Bd. IV, S. 296. 1762).

---

1) Diese Formulierung gilt nur für den Tastsinn, für den Gesichts- und Gehörsinn hat man Empfindungen, welche nach aussen verlegt werden.

5. Die bei der Reizung entstehenden Empfindungen sind sehr mannigfaltig: es sind manchmal Empfindungen leiser Berührungen; z. B. der Kranke denkt, dass er eine Maske oder einen Schleier auf dem Gesichte hat, (Marie, Tabès, Leçons sur les maladies de la moelle, S. 477—489), oder Kälte- und Wärme-Empfindungen (Brown-Séquard, Verletzungen des Rückenmarks), oder Schmerzempfindungen, die auf kleinere Hautbezirke beschränkt sind (Head); öfter sind es Empfindungen des Kriebelns, Ameisenlaufens, Eingeschlafenseins der Glieder, Empfindungen von Muskelermüdung (Pitres, Progrès Médical 1884), strahlende Schmerzen (Neuralgien, Tabes, etc.) oder Empfindungen einer starken Kontraktion gewisser Muskeln, ohne dass letztere in Wirklichkeit kontrahiert sind. Alle diese Empfindungen sind in die Peripherie projiziert, so dass man oft auf Grund dieser Projektion auf den Ort der Reizung schliessen kann. Es ist wichtig zu beachten, dass man bei Reizung centraler Teile der sensiblen Bahn Empfindungen haben kann, die mit den Empfindungen bei Reizung der peripheren Endigungen identisch sind; manchmal aber hat man bei centraler Reizung Empfindungen, die nie peripher entstehen, und diese Empfindungen werden gleich den anderen auch nach der Peripherie projiziert, eine Thatsache, die ohne Beachtung geblieben ist, die aber theoretisch wichtig ist.

Die Fälle, in denen man eine Externalisation beobachtet hat, sind sehr zahlreich, da sie aber in der Litteratur sehr zerstreut sind, so will ich auch einige Beispiele für die Reizung verschiedener Teile der sensorischen Bahn geben.

6. Corticale Reizung. Am deutlichsten treten die Reizerscheinungen hier bei der Jackson'schen Epilepsie auf, die hauptsächlich in einer Reizung der grauen Substanz der motorischen Gebiete der Gehirnoberfläche besteht; sie bewirken die sensitive Aura: vor dem Anfall hat der Kranke Schmerzempfindungen, manchmal aber nur Kriebeln in den extremsten Teilen derjenigen Glieder, in denen der Krampf später anfängt, z. B. an der Spitze des kleinen Fingers, der grossen Zehe, dem Handgelenke u. s. w. Es giebt Fälle, wo Epilepsie durch Trepanation geheilt wurde und diese sensitiven Erscheinungen auch verschwanden. Ferrier hat beobachtet, dass bei Reizung gewisser Punkte der Gehirnoberfläche eines Hundes dieser ängstlich auf eine Pfote sah, als ob er da Empfindungen hätte.

7. Reizung der inneren Kapsel. Hier kommen hauptsächlich die Hemiplegien in Betracht. Vor dem Anfall, manchmal auch nachher, hat der Kranke Ameisenlaufen, Kriebeln, Schmerzen in einem Körperteile, welcher durch den Anfall paralysirt wird. In gleicher Weise verhält es sich, wenn der Bluterguss nicht in der inneren Kapsel, sondern in anderen Teilen des Grosshirns auf die sensorische Bahn einwirkt. Dasselbe findet auch z. B. bei Thrombose einer Gehirnarterie statt, wo die Empfindungen 24 bis 48 Stunden vor dem Anfall bestehen.

8. Reizung des verlängerten Marks und des Rückenmarks. Man hat oft beobachtet, dass bei Geschwülsten in der Medulla oblongata Schmerz und Ameisenlaufen empfunden wird. Bei Rückenmarkskrankheiten (Tabes, Ataxie, Rückenmarkskompression, Verletzungen des Rückenmarks, Hämatomyelie etc.) hat man sehr oft ausstrahlende Schmerzen, Kriebeln u. s. w. Alle diese Empfindungen bei Reizung der Nervencentra werden in die Peripherie verlegt, dabei werden sie nicht in den Ausbreitungsgebieten der verschiedenen Nerven empfunden, sondern mehr »segmentarisch« [1]); bei Reizung der Nerven dagegen werden die Empfindungen in den Ausbreitungsgebieten empfunden. Dies ist ein Unterschiedsmerkmal, welches leicht erlaubt den Sitz des Reizes zu erkennen.

9. Reizung der Nerven. Im Allgemeinen hat man Empfindungen in denjenigen Fällen, in denen die Reizung nicht zu stark ist, also wenn sie z. B. zu dauernden Entzündungsprozessen führt. Ich erwähne die Kompressionen, die Neuritis, Intoxikationen, Nervenverletzung, Reizung durch Elektricität und durch Kälte (Weber, Richet) u. s. w. In allen diesen Fällen entstehen Schmerzen, Ameisenlaufen, stechende Empfindungen und Empfindungen, die den Berührungsempfindungen sehr ähnlich, manchmal sogar ganz gleich sind, wie man sich leicht überzeugen kann, wenn man sich mit einem schwachen konstanten Strom den N. ulnaris reizt. Bezüglich dieser elektrischen Reizung bemerke ich noch, dass die Empfindung zuerst bei Ka S eintritt, für einen stärkeren Strom auch bei A O, dann für A S; hierauf hat man bei A D Empfindung; nur bei stärkeren Strömen

1) Für die Topographie dieser Segmente siehe z. B. Leyden u. Goldscheider, Erkrankungen des Rückenmarks, S. 174, oder auch Bernhardt, Erkrankungen der peripherischen Nerven, S. 427.

hat man eine Empfindung für Ka D und Ka O. Diese Verhältnisse sind auch von ERB und BERNHARDT beobachtet worden. Sobald die Reizung aufhört, schwindet auch die Empfindung.

Schon J. MÜLLER hat bemerkt, dass man bei der Reizung eines Nervenstammes durch Stoss nicht nur eine an die Nervenendigungen verlegte Empfindung hat, sondern auch einen Schmerz, der von der Reizstelle peripheriewärts geht. Diese Beobachtung ist sehr leicht zu wiederholen, wenn man den Nerv durch einen ziemlich starken Strom reizt. Man hat diese Beobachtung dadurch zu erklären versucht, dass es in den Häuten, welche den Nervenstamm umhüllen, feinere Nerven (nervi nervorum) giebt und dass bei Reizung des Nerven nicht nur der Nervenstamm selbst, sondern auch diese nervi nervorum gereizt werden; dadurch entstehen zwei Arten von Empfindungen, die einen verlegt in das Verbreitungsgebiet des Nervenstammes, die andern verlegt in die Reizstelle selbst.

10. Diese Thatsache führt uns unmittelbar zu den Mitempfindungen: bei der Reizung einer Stelle der Nervenbahn hat man eine Empfindung nicht nur am peripheren Ende der Bahn, sondern auch in einem anderen, manchmal sehr entfernten Gebiete. Wird z. B. der äussere Gehörgang gereizt, so wird häufig Kitzel im Kehlkopfe empfunden, der Schmerz eines Zahnes des Oberkiefers wird oft auf den betreffenden Zahn des Unterkiefers übertragen; bei Erkrankungen der inneren Organe hat man oft Schmerzen in Hautstellen, die weit vom erkrankten Organe liegen [DANA (209), HEAD (234), MACKENZIE (265) etc.]. Z. B. bei Erkrankungen der Aorta und Hypertrophie des Herzens hat man oft Schmerzen im Vorderarme und im kleinen Finger; bei Krankheiten des Uterus Schmerzen im Rücken und manchmal im Handgelenke (DANA) u. dergl. m. Alle diese Fälle werden gewöhnlich durch die Uebertragung der Erregung von einer Nervenbahn auf eine andere erklärt. Diese Übertragung kann peripher vermittelst der Anastomosen zwischen den verschiedenen Nerven oder central (sensibler Reflex) sein. Dass sie central stattfinden kann, sieht man aus den Beobachtungen über Rückenmarksverletzungen, in denen die Reizung eines Punktes eine Empfindung eines anderen Punktes der Haut mit sich führt; es wird z. B. der rechte Fuss gereizt, der Kranke hat eine Empfindung zuerst links und erst nach einer gewissen Zeit rechts (BROWN-SÉQUARD, DANA etc.).

11. Ich habe oben gesagt, dass die excentrische Projektion auch dann stattfindet, wenn die peripheren Teile der sensiblen Bahn zerstört sind. Hierfür bieten uns die besten Beispiele die Beobachtungen an Amputierten. Schon im XVI. Jahrhundert schrieb der berühmte Chirurg PARÉ: »les patiens long temps après l'amputation faite, disent encore sentir douleur èsparties mortes et amputées, et de ce se plaignent fort: chose digne d'admiration et quasi incrédible à gens qui de ce n'ont expérience«. »Il est ainsi que long temps après l'amputation les patiens pensent encore auoir en son entier le membre qui leur a été amputé comme i' ay dit: ce qui leur aduient, comme il me semble, pour ce que les nerfs se retirent vers leur origine.« (Oeuvres de PARÉ, t. II.)

Seitdem sind die »Illusionen der Amputierten« oft beobachtet und beschrieben worden, so schreibt z. B. HALLER (1762): »Frequentissima et antiquissima est adnotatio, si quando digitus, aut pes, aut crus amputatum fuerit; in eo tamen amputato artu dolores vividos omnino percipi, ut sana sibique constans anima fallatur, utque in eo artu dolorem se percipere persuadetur: qui dudum detruncatus conputruit, neque nunc ulla pars est nostri. Ipsam flexionem detruncati artus se percipere credebat, qui truncum brachium flectebat, cujus manus perierat.« (Elementa Physiologiae, Bd. IV, S. 305; dort findet sich auch die ältere Litteratur der Frage.)

Von den späteren Autoren, die neue Thatsachen hinzugebracht haben, und bei denen man Erklärungsversuche findet, erwähne ich nur J. MÜLLER (116); CASTEL (204), BIZET (192), GUÉNIOT (233), W. JAMES, WEIR MITCHELL (269), CHARCOT (205), ABBATUCCI (182) und PITRES (286).

12. Die Empfindungen der Amputierten sind sehr mannigfaltig: Ameisenlaufen, Kitzel, Kriebeln, Einschlafen der Glieder, Kälte, Wärme, Schmerz, Bewegung, Muskelspannung u. s. w. Diese Eindrücke werden gewöhnlich in der Extremität des amputierten Körperteils empfunden; z. B. nach Amputationen des Armes fühlt man die Finger und die Hand, man hat aber oft keine Empfindungen vom Vorderarme und vom Ellenbogen. Diese Empfindungen sind meistens dauernd. Zuweilen sagt sogar der Kranke, dass er die gesunde Extremität viel weniger fühle, als die amputierte (WEIR MITCHELL,

Charcot, Pitres). Dementsprechend entstehen oft vollständige Illusionen: der Kranke glaubt einen Gegenstand mit der amputierten Hand zu halten, oder glaubt sich auf das amputierte Bein stützen zu können u. dergl. m. »Je sais parbleu bien que je n'ai plus ma jambe droite. Et pourtant quand j'analyse mes sensations, je sens plus vivement le pied qui me manque que celui qui me reste. L'un me fait toujours mal, l'autre ne me cause aucune souffrance. Si je ne pouvais m'assurer par la vue et par le toucher que le pied endolori a été enlevé, je croirais fermement qu'il est toujours là. Il faut que je me raisonne pour me rendre compte de l'irréalité des sensations que j'éprouve.« (Pitres, Annales Médico-psycholog. 1897, S. 16.)

Die Empfindungen entstehen gewöhnlich sofort nach der Operation, manchmal auch einige Tage später; sie dauern oft das ganze Leben, aber es kommen auch Fälle vor, in denen sie nach einigen Jahren verschwinden. Diese Empfindungen können leicht verstärkt oder wieder hervorgerufen werden, indem man den Amputationsstumpf drückt oder elektrisch reizt (Weir Mitchell und Pitres), oder wenn man ihn in warmes oder kaltes Wasser eintaucht. In diesen letzten Fällen empfindet der Kranke Wärme, bezw. Kälte in der fehlenden Extremität und manchmal sehr intensiv. Pitres hat auch den entgegengesetzten Versuch gemacht: eine Cocaïneinspritzung in den Amputationsstumpf löscht jede Empfindung des fehlenden Gliedes aus, und der Kranke verliert die Illusion, es bewegen zu können. Nach einigen Stunden, wenn das Cocaïn nicht mehr wirkt, tauchen die Empfindungen wieder auf.

13. Wir haben gesagt, dass die Empfindungen in die extremsten Teile der amputierten Glieder verlegt werden; es fragt sich nun, ob die scheinbare Lage und Grösse dieser fehlenden Glieder von der normalen abweicht. Viele Autoren haben ihre Aufmerksamkeit auf diesen Punkt gewendet (Guéniot, Weir Mitchell, Pitres etc.).

Im allgemeinen entsteht eine Verkleinerung der amputierten Extremität, und letztere wird zu nahe zum Körper vorgestellt. Z. B. ein Kranker stellt sich seinen amputierten Fuss in der Grösse eines Kinderfusses und etwa 20 cm zu nahe zum Oberschenkel vor; einem anderen schien seine fehlende Hand in der Grösse einer kleinen Kinderhand dicht an der Schulter zu liegen (Guéniot) u. dergl. m.

Aber es kommen auch Fälle vor, in denen die scheinbare Grösse und Lage der normalen gleich ist. Man beobachtet, dass jene Verkürzung der fehlenden Extremität und ihre Verkleinerung dann entsteht, wenn der Kranke von gewissen Teilen dieser Extremität keine Empfindungen hat, z. B. wenn er nach Amputation des Armes an der Schulter keine Empfindungen vom Ellenbogen und vom Vorderarme hat, wohl aber von der Hand und den Fingern. Nach Amputation am Oberschenkel kommen die Empfindungen nur vom Fusse und von den Zehen, nie von dem Knie und Unterschenkel, und dem Amputierten scheint es, »dass dieser Fuss mit dem Oberschenkel durch etwas undefinierbares, einen Strick oder einen Stock verbunden ist« (Guéniot). Es ist, wie Guéniot bemerkt, eine allgemeine Erscheinung, dass wir die Distanz zweier Punkte dann im Stande sind richtig zu schätzen, wenn zwischen den beiden Punkten Empfindungen entstehen; wenn dagegen keine Empfindungen zwischen ihnen stattfinden, so wird die Distanz unterschätzt (man denke z. B. an den Blinden Fleck); in einigen Fällen von Anästhesie der Haut ist Ähnliches beobachtet worden.

14. Zur Widerlegung dieser Erklärung führt Pitres folgende Beobachtung an; er beobachtete nämlich, dass, wenn man einen elektrischen Strom durch den Amputationsstumpf durchlässt, der Kranke sehr lebhafte Empfindungen in der fehlenden Extremität hat, und dass dabei die früher vorhandene Verkleinerung verloren geht; die Extremität scheint plötzlich die normale Grösse zu haben. (Annales médico-psycholog. 1897, S. 184.)

Endlich hat auch Pitres sehr wichtige Lokalisationsversuche an Amputierten gemacht: wenn man die Haut des Amputationsstumpfes berührt, so lokalisiert der Kranke die Berührung richtig; wenn man dagegen die Narbe am Amputationsstumpf berührt, so empfindet der Kranke die Berührung an der fehlenden Extremität; z. B. wenn man, bei Amputation des Armes, die Narbe mit einer Nadel sticht, so hat der Kranke eine punktförmige stechende Empfindung an einem Finger oder an der Hand. Die Empfindungen, die der Kranke in die fehlende Extremität verlegt, sind identisch mit den Empfindungen, die bei Reizung der Extremität selbst vor der Amputation entstanden.

Pitres erklärt diese fehlerhafte Lokalisation dadurch, dass aus dem Nervenstamme sehr oft nach der Amputation Nervenfasern in

das periphere Gewebe hineinwachsen; diese Nervenfasern wachsen also auch in die Narbe hinein, wo sie sich verzweigen. Die Reizung dieser neuen Nervenendigungen bewirkt denselben Erfolg wie die Reizung der ursprünglichen Nervenendigungen. Es ist, wie ich glaube, der beste Beweis der »Externalisation«, der bis jetzt nur gegeben worden ist. (Ann. médico-psychol. 1897, S. 181.)

§ 2. Störungen der Lokalisation bei Transplantation der Haut und bei Nervenkrankheiten.

1. Man hat oft beobachtet, dass bei der Bildung einer neuen Nase aus der Stirnhaut (Rhinoplastik) der Kranke jede Berührung der neugebildeten Nase auf der Stirn lokalisiert. Ich citiere wörtlich die Beobachtungen von Busch (Virchow's Arch. 1859, Bd. 16, S. 30), weil sie einige Thatsachen enthalten, die gewöhnlich unbeachtet bleiben. »In den meisten Fällen hat der Kranke bei dem Stechen der aus der Stirn gebildeten Nase entweder keine oder nur eine ganz dunkle Empfindung, von der er dann aber auch nicht anzugeben weiss, wo sie ist. Nur in den seltenen Fällen empfindet der Kranke gleich nach der Operation deutlich, verlegt dann aber auch den Schmerz desto höher, je näher dem unteren Ende der neuen Nase die Berührung stattgefunden hat. Die Lokalisierung kann nur dann möglich sein, wenn die verbindende Hautbrücke zufällig so angelegt wurde, dass ein Nervenast der neuen Nase von dem Supratrochlearis oder gar dem Frontalis im Zusammenhange mit dem Stamme bleibt. Da dieses aber nur selten der Fall ist, so empfinden viele Patienten zuerst gar nichts oder nur an der Brücke.«

»Sowohl in den Fällen, in welchen die Patienten gleich nach der Operation kein Gefühl in dem transplantierten Lappen haben, als auch in denen, in welchen sie gleich nach der Operation deutlich fühlen, aber die Empfindungen nach der Stirn verlegen, entwickelte sich einige Zeit, gewöhnlich einige Monate nach vollendeter Anheilung, eine richtig lokalisierte Empfindung in der neuen Nase und zwar, wie Dieffenbach ganz richtig angegeben, zunächst an den Rändern in der Nähe der Narben. Allmählich entwickelt sich diese Empfindung stärker, indem sie von den Rändern nach der Mitte zu fortschreitet. Langenbeck hat ausgesprochen, dass diese richtig lokalisierten

Empfindungen durch neue Nerven, welche in den transplantierten Lappen entstanden seien, vermittelt werden.«

»Für diejenigen Fälle, in welchen der Patient gleich nach der Operation jeden Reiz im überpflanzten Lappen empfindet, aber nach der Stirn verlegt und erst später eine richtige Beurteilung in der Örtlichkeit eintritt, ist auch die Erklärung möglich, dass der Kranke sich daran gewöhnt habe, die Empfindungen in der ehemaligen Stirnhaut nun nach der Nase zu verlegen, da die tägliche Erfahrung ihn allmählich belehren müsse, dass Berührungen dieser Gegend jene Empfindungen zur Folge haben. Die klinische Beobachtung zeigt jedoch auch hier ganz sicher, dass das richtig lokalisierte Gefühl nicht von jenen Nervenstämmen abhängig sei, welche in der neuen Nase erhalten sind und durch die Brücke hindurchziehen; denn auch diejenigen Patienten haben es, bei welchen die verbindende Brücke wegen knolliger Hervorragung später vollständig exstirpiert wird. Da aber durch die Exstirpation der Brücke jeder Zusammenhang der alten Nerven des Lappens mit ihren Stämmen getrennt ist, so muss die Empfindung in der neuen Nase durch Nerven vermittelt werden, welche durch die Narben hindurch mit denen der Umgebung in Zusammenhang stehen.«

»Die Entstehung des richtig lokalisierten Gefühls und sein Fortschreiten geschieht im ganzen ziemlich langsam, ist aber bei den verschiedenen Individuen verschieden. So habe ich einen Fall gesehen, in welchem der ganze knorpelige Teil der Nase mit dem Septum zerstört war und in welchem die Patientin sechs Monate nach gemachter Rhinoplastik in der neuen Nase überall eine deutliche richtig lokalisierte Empfindung hatte. Dagegen beobachtete ich einen Fall, in welchem länger als vier Monate nach der Operation der Rhinoplastik eine kleine Nachoperation an der Spitze der neuen Nase gemacht werden musste, wobei die Patientin alle Schmerzen in der Stirn empfand. Zuweilen trifft man auch Fälle, in welchen die Patienten teilweise ein richtig lokalisiertes Gefühl haben, teilweise die Empfindungen nach dem früheren Mutterboden der neuen Nase verlegen. So sah ich einen Kranken ein Jahr nach Vollendung der Rhinoplastik, welcher beim Einstechen der Nadel jesdesmal die Empfindung richtig lokalisierte, wenn die Berührung in der Nähe der

Ränder der neuen Nase stattfand, dagegen immer nach der Stirn wies, wenn der Nasenrücken oder die Spitze berührt wurde.«

Ganz gleiche Beobachtungen sind von mehreren Chirurgen gemacht worden, ich füge noch die Beobachtung von Tillmanns (Über Nervenverletzungen und Nervennaht. Arch. f. klinische Chirurgie 1882, Bd. 27, S. 79) hinzu: wenn man bei den Tastprüfungen die transplantierte Haut schwach berührt, so lokalisiert der Kranke auf der Stirn, wenn man dagegen stärker drückt, so lokalisiert er richtig auf der Nase.

2. In den letzten Jahren hat man histologische Untersuchungen über die transplantierten Hautstücke ausgeführt[1]), und man fand, dass die Regeneration der Nervenfasern sowohl von den Nerven des Mutterbodens, als auch von denen der umgebenden Haut erfolgt, dass sie zuerst vom Rande zur Mitte fortschreitet, und dass sie oft in Form von Inseln auf der Haut erfolgt. In diesen Fällen empfindet der Kranke an manchen Stellen richtig, an anderen aber nicht (Goldmann). Diese Beobachtungen über Transplantation der Haut zeigen keineswegs, dass die Endigungen der Nerven in der Haut für die Lokalisation von Wichtigkeit sind, wie einige Psychologen (Külpe S. 360) es behaupten.

3. Lokalisation bei Nervendurchtrennung. Es giebt in der chirurgischen Litteratur sehr viele Beobachtungen über Veränderungen der Sensibilität und der Motilität bei Nervendurchtrennung (siehe Litteratur am Ende) und über die Wiederherstellung dieser Sensibilität und Motilität nach der Nervennaht. Die Motilität wird im allgemeinen viel mehr beeinflusst, als die Sensibilität, es entsteht oft eine vollständige Lähmung gewisser Muskeln. Wenn ein Nervenast durchtrennt ist, so entsteht eine Anästhesie oder Hypästhesie. Diese ist für Temperatur und Schmerzempfindungen ausgeprägter als für Berührungsempfindungen; oft stellt sich aber die normale Empfindlichkeit wieder her, und der Kranke kann richtig die Tast-

1) Beresowski, Über die histologischen Vorgänge bei Transplantation von Hautstücken auf Tiere einer anderen Spezies. Ziegler's Beiträge. 1892. Bd. 12. S. 131. — Karg, Studien über transplantierte Haut. Arch. f. Anat. und Entwicklungsgesch. 1888. S. 369. — Goldmann, Über das Schicksal der nach dem Verfahren von Thiersch verpflanzten Hautstücken. Beitr. z. klin. Chir. 1894. Bd. XI. S. 229—251.

eindrücke lokalisieren, wobei gewöhnlich die Raumschwelle vergrössert ist (Letiévant, Laborde etc.). Diese Wiederherstellung der Empfindlichkeit wird durch die benachbarten Nerven bewirkt: man weiss ja, dass ein und dasselbe Hautgebiet von Nervenausbreitungen mehrerer Nervenwurzeln versorgt wird, wie Sherrington, Mott, Ross und Thotburn gezeigt haben, und nur nach Durchschneidung aller dieser Nervenstämme kann man eine vollständige Anästhesie der Hautstelle erhalten (Arloing et Tripier). Jedenfalls ist es wichtig zu beachten, dass auch dann, wenn die Reizung einer Hautstelle nicht durch die gewöhnlich zu durchlaufende Nervenbahn, sondern durch eine benachbarte zum Gehirne geleitet wird, die Lokalisation des Tasteindrucks eine ganz normale sein kann.

Es giebt aber auch Fälle, in denen die Lokalisation der Tasteindrücke im Ausbreitungsgebiete des durchtrennten Nervenstammes eine abnorme ist. Der Kranke weiss nicht, wo er berührt wird, oder giebt einen falschen Ort (Daumen statt Mittelfinger u. dergl. m.) an.

Ich gebe einige Beobachtungen von Gayet (226) wieder. Es wurden alle Nervenäste des *Plexus brachialis* ausser dem Musculo-cutaneus an der Achsel durchtrennt. Mehrere Stunden nach der Operation machte Gayet Versuche von der Art, dass er einen Punkt berührte und den Kranken diesen Punkt mit Worten beschreiben liess. Die Fehler waren im allgemeinen sehr gross: bei Berührung des Zeigefingers spürte der Kranke die Berührung am Kleinfinger; eine Berührung des Metacarpalkopfes des Kleinfingers lokalisierte er auf dem Handrücken zwischen den Sehnen des Zeige- und Mittelfingers u. dergl.

4. Besonders interessant sind diejenigen Fälle, in denen eine Anästhesie nach der Durchtrennung eintritt und in denen einige Wochen (6—10) nach der gemachten Nervennaht die Sensibilität zurückkehrt, indem dabei die *Lokalisation ganz normal* wird. Von den verschiedenen Sensibilitäten kommt die Berührungsempfindlichkeit zuerst wieder, dann die Schmerz- und an letzter Stelle die Temperaturempfindlichkeit. Es ist wichtig zu beachten, dass die Lokalisation eine normale wird; denn die Heilung entsteht durch *Regeneration* des peripheren Nervenendes, und bei dieser Regeneration wachsen nicht dieselben Nervenfasern zu den verschiedenen Hautpunkten, die vor der Durchtrennung des Nerven diese Hautpunkte mit dem

Rückenmarke verbanden. Es haben nämlich die histologischen Untersuchungen von RANVIER, STRÖBE, VANLAIR, ZIEGLER, BÜRGNER, HOWELL und HUBER u. A. gezeigt, dass nach Durchschneidung eines Nervenastes der periphere Teil fast vollständig degeneriert, und dass, wenn man das periphere Ende an das centrale anlegt, die Nervenfasern aus dem centralen Ende in den peripheren Teil hineinwachsen. Bei dieser Regeneration dient das periphere Ende nur als Leitung und Stütze für die neuen Fasern.

VANLAIR (316) hat auch die Geschwindigkeit der Regeneration bestimmt; er findet 1 mm pro Tag. In klinischen Fällen haben HOWELL und HUBER (242) gefunden, dass nach der Naht des Nervus medianus die Sensibilität nach $1^1/_2$ Monaten, die Motilität nach 4 Monaten, nach der Naht des N. ulnaris die Sensibilität nach 3 Monaten, die Motilität nach 11 Monaten zurückkehrt. Diese Zahlen stützen sich auf 84 Beobachtungen.

Diese Thatsachen sprechen gegen die Lokalisationstheorie von v. FREY (43), nach welcher die Versorgung jedes MEISSNER'schen Tastkörperchens durch mehrere Nervenfasern eine grosse Bedeutung für die Lokalisation haben soll. Man bedenke, dass es höchst wahrscheinlich ist, dass nach der Regeneration sich ganz andere Nervenfasern wie zuvor bis zu demselben Punkte der Haut erstrecken.

5. Bei Neuralgien des Trigeminus hat man manchmal das Ganglion Gasseri entfernt. KRAUSE (251) beobachtete in einigen Fällen, dass nach der »Ausrottung des Ganglion Gasseri« die Lokalisation auf der Wange, dem Jochbein, dem Unterkiefer und den Lippen eine sehr schlechte ist; die Raumschwelle ist auf diesen Stellen auch vergrössert und die Empfindlichkeit herabgesetzt. Für diejenigen Hautstellen, wo die Empfindlichkeit eine normale geblieben ist, zeigt sich stets auch die Lokalisation ungestört.

6. HEAD (234) hat die Empfindlichkeit an verschiedenen Hautstellen bei Erkrankung der inneren Organe bestimmt; er fand in ziemlicher Häufigkeit Hautstellen, auf denen eine Hyperästhesie für verschiedene Empfindungen (Berührung, Schmerz, Temperatur) bestand, es zeigten sich aber auch Stellen mit Hypästhesie oder sogar Anästhesie. Oft beobachtet man in Fällen letzterer Art eine herabgesetzte Lokalisationsfähigkeit auf den hypästhetischen Stellen, und zwar kann sich diese abnorme Lokalisation auf gewisse Empfindungs-

qualitäten beschränken; z. B. wenn eine Hypästhesie nur für Temperatur besteht, so lokalisiert der Kranke Temperaturreize falsch, Berührungen dagegen richtig.

7. Lokalisation der Tasteindrücke bei Rückenmarkskrankheiten.

Bei vielen Krankheiten des Rückenmarks beobachtet man eine abnorme Lokalisationsfähigkeit; ich will hier nur einige typische Fälle erwähnen.

Bei Tabes dorsalis beobachtet man Sensibilitätsstörungen der verschiedensten Art: Anästhesie, Verspätung der Empfindung, Polyästhesie, Allochirie, sehr lange dauernde Nachempfindungen u. dergl. Oft hat man auch eine Herabsetzung der Lokalisation bemerkt. Diese ist von M. Laehr (253) eingehend untersucht worden. Er findet, dass immer eine Herabsetzung der Lokalisationsschärfe an solchen Stellen zu bemerken ist, an denen gleichzeitig eine Hypästhesie besteht oder eine solche später eintritt, oder früher vorhanden war (Arch. f. Psychiatr. Bd. 27, 1895, S. 725). Ähnliche Beobachtungen sind von Binswanger bei Taboparalytischen gemacht worden.

8. Viele Forscher (Brown-Séquard, Obersteiner, Ferrier, Leyden, G. Fischer u. A.) haben beobachtet, dass in einigen Rückenmarksleiden (Tabes, Verletzung des Rückenmarks etc.) der Kranke bei Berührung eines Punktes des Körpers die Empfindung zuweilen auf der symmetrischen Stelle des Körpers lokalisiert, z. B. bei Berührung des rechten Beines fühlt er die Berührung am linken Beine. Diese Erscheinung ist von Obersteiner Allochirie genannt worden. Sie kommt im allgemeinen neben Sensibilitätsstörungen vor. Gewöhnlich ist sie von motorischen Störungen begleitet; so bestand in einigen (z. B. von Ferrier beobachteten) Fällen eine Allochirie auch für Reflexe: auf einen Schlag auf das rechte Knie reagierte das linke Bein, das rechte aber nur auf eine Reizung des linken Knies.

Wichtig für die Erklärung der Allochirie sind die Beobachtungen von Brown-Séquard (196) über Hemisection des Rückenmarks. Bekanntlich wird durch letztere die zu der verletzten Seite des Rückenmarkes entgegengesetzte Seite des Körpers unterhalb der Wunde anästhetisch; nach einigen Wochen stellt sich die Empfindlichkeit auf diesen Hautstellen wieder her, aber dabei lokalisiert der Kranke jede Berührung dieser Hautstellen auf der

symmetrischen Stelle. Ebenso ist es auch bei Kompression des Rückenmarks; es tritt oft ein Stadium ein, in welchem der Kranke Allochirie hat. Die Bedeutung dieser Beobachtungen für die Theorie der Lokalisation der Tasteindrücke ist nur von Pierre Janet (245) erkannt worden.

9. Von den negativen Fällen, in denen bei Rückenmarksleiden die Lokalisationsschärfe eine normale ist, sind wichtig die Beobachtungen über Hemisektion des Rückenmarks: auf der verletzten Seite des Körpers unterhalb der Wunde tritt vollständige Lähmung und vollständiger Verlust der kinesthetischen Empfindungen auf, der Kranke weiss nicht, wie seine Extremitäten liegen, er kann sie auch nicht bewegen; die Hautsensibilität dieser Körperseite dagegen ist entweder normal oder erhöht, und der Kranke hat auf dieser Seite einen verfeinerten Raumsinn und eine grössere Lokalisationsschärfe als im normalen Zustande (Brown-Séquard). Es sind dies also Fälle einer Dissociation der Lokalisationsfähigkeit von den kinesthetischen Empfindungen, was nicht ohne Wichtigkeit für die Theorie ist.

10. Lokalisation bei Gehirnkrankheiten.

Dana (210), Wernicke (319), Alea (181) und einige andere Forscher haben Fälle beobachtet, in denen Zerstörung der motorischen Gebiete der Gehirnoberfläche (durch Trauma, Blutung, Geschwulst u. dergl.) eine beträchtliche Störung der Lokalisationsschärfe bewirkte; der Kranke verlegte einen Tasteindruck an einen falschen Punkt oder wusste überhaupt nicht, wo er berührt wurde, obgleich er die Berührung fühlte, oder endlich er erkannte die Form der berührenden Objekte nicht. (Störungen des stereognostischen Sinnes.)

Ziehen (322) und nach ihm Lewy (92) haben in Fällen von Dementia paralytica eine Störung der Lokalisation der Tasteindrücke beobachtet. Ziehen hat sogar die Vermutung ausgesprochen, dass in dieser Störung der Lokalisation der Tasteindrücke ein frühzeitiges Symptom der Dementia paralytica zu sehen sei.

11. Unabhängigkeit des Raumsinnes der Haut von der Lokalisation der Tasteindrücke.

Es giebt viele Beobachtungen pathologischer Fälle, in denen die Raumschwelle stark vergrössert, die Lokalisationsschärfe dagegen normal ist, und umgekehrt kann die Lokalisation eine sehr irrige sein

und die Raumschwelle ihre normale Grösse behalten haben. Ausführliche Versuche hierüber sind von HOFFMANN (71) angestellt worden, der zwischen den genannten Extremen viele Übergangsstufen fand. Ich habe gleichfalls in der Leipziger Poliklinik Versuche mit einem Tabiker gemacht. Er empfand am rechten Fuss schlechter als am linken; die rechte Fusssohle war fast ganz anästhetisch, auf dem rechten Fussrücken empfand er die Berührungen gut. Die Raumschwelle aber war auf demselben eine sehr grosse, er fühlte oft bei einer Distanz von 7—9 cm einen Punkt. Wenn ich ihn hingegen auf einem Gypsmodell des Fusses die berührte Stelle angeben liess, so beging er selten Fehler von mehr als 2—3 cm. Die Lokalisationsschärfe war also am Fussrücken eine nahezu normale, die Raumschwelle dagegen war bedeutend vergrössert.

Man kann also, wie ich glaube, auf Grund dieser pathologischen Fälle und der experimentellen Ergebnisse, die oben dargestellt worden sind, behaupten, dass die Lokalisationsfähigkeit in gewissem Sinne unabhängig von dem Raumsinne der Haut ist. Diese Unabhängigkeit ist schon von AUBERT und KAMMLER (5) im Jahre 1858 betont worden, später ist sie von den meisten Neurologen angenommen worden; dieselben unterscheiden nämlich zwei verschiedene Sensibilitätsstörungen: Störungen des Raumsinnes der Haut oder der Unterscheidungsfähigkeit und Störungen der Lokalisationsfähigkeit. Von den Psychologen dagegen ist diese Unterscheidung selten gemacht worden.

II. Teil.

Theorien über die Raumwahrnehmungen im Gebiete des Tastsinnes.

Ich habe in der Einleitung hervorgehoben, dass eine Berührung einer Hautstelle bei genügender Stärke eine Tastempfindung hervorruft, an der ein normales Individuum sofort die Intensität, die Qualität, die Dauer und die Räumlichkeit unterscheidet. Für das entwickelte Bewusstsein scheinen diese vier »Momente« unmittelbar gegeben und gleichwertig zu sein; man kann sich keine Tastempfindung vorstellen, an der eins von diesen »Momenten« gar nicht vorhanden wäre; deswegen habe ich auch, um sie zu bezeichnen, den Ausdruck Moment gewählt, der von Stumpf in gleichem Sinne gebraucht wird.

Das »räumliche Moment« einer Tastempfindung belehrt das entwickelte Bewusstsein über die Ausdehnung des (objectiven) Tasteindrucks und über die Lage der berührten Hautstellen. Worin dieses Belehren eigentlich besteht, wird später analysiert werden, ich will damit hier nur sagen, dass ein entwickeltes Bewusstsein mit jeder Tastempfindung eine Vorstellung über die Lage und Ausdehnung der Berührung verbindet. Wir haben im I. Teil gesehen, wie sich diese Vorstellungen zu der wirklichen Lage und Ausdehnung der Berührung unter verschiedenen Bedingungen verhalten; meistens weicht, wie wir sahen, die vorgestellte Lage und Ausdehnung von der wirklichen ab. Wir haben ferner untersucht, wie diese Abweichung mit den äusseren und inneren Bedingungen sich ändert. Jetzt handelt es sich nun darum, die verschiedenen Beobachtungsresultate theoretisch zu bearbeiten.

Das räumliche Moment einer Tastempfindung scheint dem entwickelten Bewusstsein sofort unmittelbar neben den anderen Momenten gegeben zu sein. Zwei Hauptfragen können hier gestellt werden: 1°) Ruft eine Berührung einer Hautstelle auch bei einem primitiven Bewusstsein, z. B. dem des blinden Neugeborenen, eine Tastempfindung hervor, an welcher eine Qualität, eine Intensität, eine Dauer und eine Räumlichkeit unterschieden werden kann, oder hat vielleicht die Tastempfindung hier nur einige von diesen Momenten oder endlich ist sie für dieses Bewusstsein nur als ein Ganzes gegeben, an welchem keins von diesen Momenten unterschieden werden kann? Mit andern Worten: Ist die Räumlichkeit einer Tastempfindung angeboren oder entsteht sie erst allmählich? Ferner muss hier eventuell auch untersucht werden, ob die Räumlichkeit für das primitive Bewusstsein dasselbe bedeutet, wie für das entwickelte oder nicht, und wenn es nicht dasselbe bedeutet, wie sich die Räumlichkeit entwickelt?

2°) Worin besteht für das entwickelte Bewusstsein das räumliche Moment einer Tastempfindung, und wie lassen sich die bezüglichen Beobachtungsresultate erklären? Man sieht leicht ein, dass es für die Beantwortung dieser Frage fast gleichgültig ist, ob die Räumlichkeit angeboren oder erworben ist.

Diese zwei Hauptfragen sind gewiss nicht die einzigen, welche hier gestellt werden können; denn wir stehen hier vor einem der allgemeinsten und wichtigsten Probleme der Psychologie, dem Probleme der Raumvorstellung. Dieses Problem steht, wie man weiss, in naher Beziehung zu erkenntnistheoretischen und metaphysischen Fragen. Daher erklärt es sich auch, dass fast alle Psychologen und Philosophen über dieses Problem geschrieben haben. Ich werde die erkenntnistheoretischen und metaphysischen Fragen nicht näher behandeln; sie gehören nicht in den Rahmen dieser Arbeit, und damit fallen für uns auch diejenigen Theorien hinweg, die hauptsächlich mit diesen Fragen sich beschäftigen (z. B. die Theorie KANT's). Es würde uns auch zu weit führen, die Theorien aller Autoren darzustellen; ich werde nur die Hauptrichtungen mit ihren Hauptvertretern besprechen.

Fast alle Autoren haben ohne nähere Discussion angenommen, dass die Beantwortung der Frage nach dem Ursprung der Räum-

lichkeit dieselbe für den Gesichtssinn, wie für den Tastsinn sein müsse. Ich glaube aber, dass diese Annahme noch einer genauen Untersuchung bedarf und gar nicht als selbstverständlich zu betrachten ist. Ich gehe auf diesen Punkt nicht weiter ein und begnüge mich mit der Bemerkung, dass die Auseinandersetzungen, die man weiterhin finden wird, nicht ohne weiteres auf den Gesichtssinn zu übertragen sind.

I. Kapitel.

Ursprung und Entwickelung des räumlichen Momentes der Tastempfindungen.

Es handelt sich darum, in diesem Kapitel zu untersuchen, wie sich eine Tastempfindung dem primitiven unentwickelten Bewusstsein darstellt, also welche Momente sich an der Tastempfindung eines solchen Bewusstseins unterscheiden lassen, und wie sich die Räumlichkeit der Tastempfindungen gegenüber der sonstigen geistigen Entwickelung verhält. Giebt es an der für ein primitives Bewusstsein vorhandenen Empfindung schon Momente, die man als Intensität, als Qualität, als Dauer und als Räumlichkeit der Tastempfindung bezeichnen darf? Hat die Tastempfindung für ein solches Bewusstsein schon das Moment der Räumlichkeit oder noch nicht, und in letzterem Falle, wie entsteht die Räumlichkeit der Tastempfindungen? Zwei Arten von Antworten sind auf diese Fragen möglich: a. Jede Tastempfindung hat für das primitive unentwickelte Bewusstsein das Moment der Räumlichkeit; ich nenne diese Hypothese die nativistische; b. eine Tastempfindung hat für dieses Bewusstsein nicht das Moment der Räumlichkeit, letzteres entsteht erst später im Laufe der Entwickelung; dies ist die genetische Hypothese.

Der Plan dieses Kapitels ist also folgender:

§ 1 handelt von den nativistischen Theorien. Es wird in diesen Theorien behauptet, dass an der für das primitive unentwickelte Bewusstsein vorhandenen Tastempfindung das Moment der Räumlichkeit unterschieden werden kann. Zwei Möglichkeiten sind hierbei vorhanden:

a. Dieses Moment der Räumlichkeit ist eine Eigenschaft oder ein Teilinhalt der Tastempfindung selbst (Hering, Ward, Stumpf, James).

b. Die Räumlichkeit ist nicht ein Teilinhalt der Tastempfindung, sondern sie ist eine immanente Eigenschaft des Bewusstseins oder der Seele, wie man zu sagen pflegt (KANT, J. MÜLLER, E. H. WEBER, LOTZE).

§ 2 behandelt die genetischen Theorien. In diesen Theorien wird behauptet, dass an der für das primitive unentwickelte Bewusstsein vorhandenen Empfindung kein Moment der Räumlichkeit bestehe, dass dieses vielmehr erst später im Laufe der Entwickelung sich bilde. In diesem Falle sind nun wieder mehrere Möglichkeiten vorhanden:

a. Die Tastempfindung hat im primitiven Bewusstsein die Momente der Intensität und Qualität, und die Räumlichkeit bildet sich aus diesen Momenten ohne Hülfe anderer Empfindungsarten (HERBART, VOLKMANN, LIPPS).

b. Die Tastempfindung hat im primitiven Bewusstsein gewisse Momente (Intensität, Qualität, Dauer), die Räumlichkeit bildet sich aus diesen nur mit Hülfe anderer Empfindungsarten (STEINBUCH, WUNDT, MILL, BAIN, SPENCER).

c. Die Tastempfindung hat im primitiven Bewusstsein kein Moment der Räumlichkeit; diese entsteht im Laufe der Entwickelung, ist aber durchaus nicht eine Zusammenstellung unräumlicher Elemente.

Man sieht, dass diese Classification von den gewöhnlich gebrauchten beträchtlich abweicht. Dies liegt daran, dass ich in dieser Classification von den Tastempfindungen des primitiven Bewusstseins ausgehe, also den natürlichen Weg der Entwickelung verfolge. In den meisten Classificationen geht man dagegen von dem Wesen des räumlichen Momentes aus. Man unterscheidet dann zwei Gruppen von Theorien: in den einen wird behauptet, dass die Räumlichkeit einer Tastempfindung primären Ursprungs sei und nicht aus anderen Elementen gebildet werde; in den anderen Theorien wird angenommen, dass die Räumlichkeit einer Tastempfindung secundären Ursprungs sei, d. h. dass sie aus anderen unräumlichen Elementen entstehe. Diese letzte Gruppe von Theorien muss jedenfalls annehmen, dass für das primitive unentwickelte Bewusstsein die Tastempfindungen keine Räumlichkeit besitzen. Die erste Gruppe dagegen muss nicht annehmen, dass für das primitive Bewusstsein jede Tastempfindung eine Räumlichkeit hat, sie behauptet nur, dass die Räumlichkeit

selbständig ist und nicht aus anderen Elementen zusammengesetzt ist, sie könnte also auch eine gewisse Zeit nach der Geburt entstehen. Daher glaube ich, dass für diese Classification, welche von den meisten Autoren angenommen wird, die Namen Nativistische und Genetische (od. Empirische) Theorien nicht passend sind.

Beide Methoden der Classification scheinen mir ihre Vorteile und ihre Nachteile zu haben; ich habe die erstere deshalb gewählt, weil sie mehr der natürlichen Entwickelung entspricht; sie geht von dem Individuum aus und untersucht, ob das neugeborene Kind (welches wir noch, um den Einfluss des Gesichtssinnes auszuschliessen, als blindgeboren annehmen) bei Berührungen der Haut Tastempfindungen hat, an denen man schon eine Räumlichkeit unterscheiden kann, oder ob dieses Kind Tastempfindungen hat, die für dasselbe keine Räumlichkeit besitzen, und hier fragt es sich weiter, wie diese Räumlichkeit im Laufe der Entwickelung entsteht.

§ 1. Nativistische Theorien.

1. Der nativistische Standpunkt, den ich oben charakterisiert habe, ist von vielen Philosophen und Physiologen in Deutschland unter dem Einflusse Kant's vertreten worden. In England ist er auch von vielen Philosophen dieses Jahrhunderts verteidigt worden; hauptsächlich sind es W. Hamilton[1]) und S. H. Hodgson[2]), die von der philosophischen Seite den Nativismus gegenüber dem Empirismus hervorheben. In Frankreich haben die meisten Philosophen dieses Jahrhunderts (V. Cousin, Maine de Biran, Renouvier u. A.) den Nativismus gleichfalls vertreten. Fast bei allen oben erwähnten Autoren wird jedoch das Hauptinteresse auf erkenntnistheoretische und metaphysische Fragen gelegt. Aus diesem Grunde werde ich diese Theorien hier nicht besprechen; denn uns interessiert hier nur die phychologische Seite der Frage nach dem Ursprung und der Entwickelung des räumlichen Momentes der Tastempfindungen. Wir haben schon oben gesehen, dass in dieser Beziehung die nativistischen Theorien in zwei Gruppen zerfallen, je nachdem sie annehmen, dass

1) Hamilton, Lectures on Metaphysics and Logic. Vol. II. ed. London 1870.
2) S. H. Hodgson, Time and Space, a metaphysical Essay. London 1865.

das räumliche Moment eine Eigenschaft oder ein Teilinhalt der Tastempfindung selbst sei, oder dass es eine Eigenschaft des Bewusstseins überhaupt sei. Ich gehe zur Darstellung dieser Theorien über.

2. A. *Dem unentwickelten primitiven Bewusstsein erscheint jede Tastempfindung räumlich; diese Räumlichkeit ist eine Eigenschaft oder ein Teilinhalt der Tastempfindung selbst.* Dieser Standpunkt ist für die Gesichtsempfindungen hauptsächlich von HERING[1]) vertreten worden; ich citiere eine Stelle, weil sie besonders klar den Standpunkt von HERING charakterisiert: »Ein solches (primitives, absolut unerfahrenes) *rein sinnliches* Sensorium hat Bewusstsein, aber kein Selbstbewusstsein; es empfindet aus Anlass eines beliebigen Netzhautbildes Raum und Licht, aber es stellt sich selbst noch nicht dem Empfundenen als ein Ich gegenüber; die Bilder, die es von Teilen seines eigenen Körpers empfängt, sind ihm zunächst noch gleichwertig mit den Bildern anderer Dinge, es empfindet einen Raum und unterscheidet in diesem Raume einzelne verschieden gefärbte Gestaltungen und unter diesen auch z. B. Hände und Füsse, aber es hat *zunächst* noch keinen Anlass, die letzteren als zum engeren Ich gehörig den übrigen Gestalten entgegenzusetzen.«

»Ein solches Sensorium sieht nicht die Dinge in der oder jener Richtung; denn die Richtung setzt die Beziehung auf einen Ausgangspunkt aller Richtungen, d. h. ein Ich als Centrum aller räumlichen Relationen voraus. *Daher kann hierbei von Sehrichtungen noch nicht gesprochen werden.* Wohl aber kann von den räumlichen Relationen die Rede sein, welche die empfundenen Gestalten *unter* sich im Sehraume haben, und von der gesetzmässigen Abhängigkeit, in welcher diese Relationen stehen zu den Verhältnissen der Einzelteile des Netzhautbildes unter sich« (*Beitr. z. Phys.* S. 323). Und an einem früheren Orte sagt HERING, dass ein solches *primitives, absolut unerfahrenes* Sensorium »weder urteils- noch schlussfähig« ist.

3. Weniger scharf ist dieser Standpunkt von zwei modernen Psy-

---

1) HERING, Beiträge zur Physiologie; besonders S. 323—329. — Der Raumsinn und die Bewegungen des Auges. In HERMANN's Handb. f. Physiol. 1879. Bd. III. S. 343—601.

chologen Ward[1]) und W. James[2]) vertreten worden. Diese Autoren nehmen zwar an, dass alle Empfindungen ursprünglich räumlich sind, aber diese angeborene Räumlichkeit ist sehr unbestimmt, es giebt noch keine »räumlichen Relationen«, diese werden erst im Laufe der Entwickelung gebildet. Ich werde mich hier länger bei der Theorie von W. James aufhalten, da diese in strengerer Weise durchgeführt ist.

»Die allererste Empfindung, welche ein Kind hat, bedeutet für dieses die äussere Welt. Und die Welt, welche es in seinem Leben kennen lernen wird, ist nichts anderes als eine Erweiterung (Amplification) dieses ersten einfachen Keimes (germ)« (Text-book S. 15).

»Dem Kinde, welches zuerst seine Sinne auf die Welt richtet (opens his senses upon the world), erscheint diese räumlich, wobei aber noch keine bestimmten Einteilungen, Richtungen, Grössen und Entfernungen unterschieden werden« (Text-book S. 337). Man sieht also deutlich, dass James den Nativismus in dem Sinne vertritt, wie er von mir hier definiert worden ist. Dem Kinde erscheint von der Geburt an jede Empfindung als räumlich; die Gehörs-, Geruchs- und Geschmacksempfindungen sind es ebenso wie die Gesichts- und Tastempfindungen. Diese Räumlichkeit ist noch sehr unbestimmt, es giebt noch keine räumlichen Relationen; sie ist andererseits ein »Element« der Empfindung, ebenso wie die Intensität und die Qualität derselben.

4. Ich glaube nun aber, dass man erstens bezweifeln muss, dass die Räumlichkeit für das primitive Bewusstsein ein »Element« aller Empfindungen sei. Für das entwickelte Bewusstsein wird wohl jede Gehörsempfindung mit einer Raumvorstellung verbunden sein, aber diese Raumvorstellung ist entweder eine visuelle oder eine Tast- oder eine Bewegungsvorstellung, sie ist nie selbst eine Gehörsvorstellung oder ein Moment oder Teilinhalt einer solchen. Wenn dagegen die Räumlichkeit schon für das primitive Bewusstsein ein »Element« der Gehörsempfindung wäre, so würde es natürlich sein anzunehmen, dass beim entwickelten Individuum »auditive Raumvorstellungen«

---

1) Encyclopaedia Britannica. 9. Aufl. Psychology S. 46 u. 53.

2) W. James, Principles of Psychology. Bd. II. S. 134—282. — Text-book of Psychology. S. 335—350. Auch Mind 1887.

existieren. Es giebt aber nicht nur keine auditiven Raumvorstellungen, sondern wir können uns von solchen nicht einmal eine Vorstellung machen. Die Theorie von James macht sich hier selbst eine überflüssige Schwierigkeit, denn sie ist gezwungen zu erklären, wie es kommt, dass, trotzdem für das primitive Bewusstsein jede Gehörsempfindung neben der Intensität und Qualität noch das Element der Räumlichkeit besitzt, ein entwickeltes Individuum eine auditive Raumvorstellung gar nicht haben kann, warum also dieses Element der Gehörsempfindung verschwindet.

Die Theorie von James könnte aber andererseits ebenso gut durchgeführt werden bei der Annahme, dass nur gewisse Empfindungen ursprünglich räumlich erschienen, und dass die übrigen Empfindungen erst im Laufe der Entwickelung mit räumlichen Vorstellungen associiert würden, welche letztere Vorstellungen aber immer von ursprünglich räumlichen Empfindungen abgeleitet seien. Man sieht, dass diese letzte Erklärung viel einfacher und natürlicher ist, als die künstlich erdachte Erklärung von James. Ich bemerke hier, dass Külpe[1]) diesen Einwand schon gemacht und eine Theorie entwickelt hat, nach welcher nur die Tastempfindungen die »Eigenschaften« der Intensität, Qualität, Dauer und Räumlichkeit haben. Die Gesichtsempfindungen haben drei »Eigenschaften«: Qualität, Dauer und Räumlichkeit, die übrigen Empfindungen endlich haben nicht die Eigenschaft der Räumlichkeit.

5. Die Räumlichkeit einer Empfindung ist für das primitive Bewusstsein, nach James, sehr allgemein. Alle Empfindungen erscheinen räumlich, aber diese verschiedenen Räumlichkeiten stehen noch in keinem Zusammenhange mit einander; nur im Laufe der Entwickelung entsteht eine »räumliche Ordnung«; dabei spielen die Hauptrolle die Prozesse der Unterscheidung (discrimination), Association und »Selection«. Die »räumliche Ordnung« ist ein abstrakter Begriff; wenn man ihn näher analysiert, so zerfällt er in die Wahrnehmungen der Form, Richtung, Lage, Grösse und Entfernung. Diese sind aber meistens Qualitäten der Empfindungen in demselben Sinne, wie die Räumlichkeit eine Qualität (= Element) der Empfindung ist (Principles, S. 148). So sind Form, Linie, Winkel

---

1) Külpe, Grundriss der Psychologie. 1893.

einfache Empfindungsqualitäten in demselben Sinne wie Blau und Rot; und ebenso wenn man die »räumlichen Relationen« Richtung, Lage, Grösse und Entfernung näher analysiert, so findet man, nach JAMES, dass sie nur Empfindungsinhalte sind. Eine Raumvorstellung, wie die eines entwickelten Bewusstseins, kann aber erst dann entstehen, wenn diese verschiedenen Empfindungen in Beziehung zu einander treten; die erste Bedingung dafür ist, dass eine Empfindung als ein Teil eines grösseren umgebenden Raumes aufgefasst werden muss (discriminated). Bezüglich dieser Auffassung sagt JAMES folgendes: »bewegliche, hervorragende, stark gefärbte Teile des ganzen Wahrnehmungsfeldes erwecken die Aufmerksamkeit und werden infolgedessen als besondere Objekte aufgefasst, die von dem übrigen Teile des Feldes umgeben sind. Dass bei der Unterscheidung solcher Objekte diese als umgeben von dem übrigen Felde erscheinen, muss als eine Thatsache der Sensibilität betrachtet werden, und von dieser Thatsache kann keine weitere Erklärung gegeben werden« (Text-book, S. 338).

Die verschiedenen Beziehungen, welche zwischen den räumlichen Empfindungen entstehen, sind dreifacher Art, nämlich Lage, Grösse und Form, und je zahlreicher diese Beziehungen sein werden, desto entwickelter wird auch die Raumvorstellung sein.

6. JAMES untersucht nun näher die Bedeutung und das Wesen der Lokalisation einer Empfindung. Wenn man den einfachsten Fall betrachtet, in dem zwei Punkte einer empfindlichen Fläche von aussen berührt werden, so erhebt sich folgende Frage: wie werden diese Punkte als nebeneinander befindlich, durch eine gewisse Strecke getrennt, vorgestellt? Wir müssen uns, sagt JAMES, erstens der Zweiheit der gereizten Punkte und zweitens der Ausdehnung des unberührten Intervalls bewusst sein. Die Zweiheit ist also eine notwendige, aber nicht hinreichende Bedingung (Principles, S. 153). Nun ist aber die Unterscheidung zweier Empfindungen desto leichter, je verschiedener die Qualitäten dieser beiden Empfindungen sind. JAMES nimmt daher ferner an, dass jede Tastempfindung und jede organische (viscerale) Empfindung ein Lokalzeichen hat, welches mit dem Ort der Reizung variiert. Wenn ein Punkt öfters gleichzeitig mit anderen benachbarten Punkten gereizt wurde, so entsteht eine Association zwischen der Berührung dieses Punktes und der-

jenigen der umgebenden Punkte; d. h. bei Berührung dieses Punktes entsteht eine Empfindung, welche die Empfindungen der benachbarten Punkte reproduciert. Jede punktuelle Berührung erweckt infolge dieser Association eine Anzahl von Berührungsvorstellungen der benachbarten Punkte, und diese Vorstellungen sind für die näheren Punkte ausgeprägter, als für die entfernteren. Wenn man also zwei Punkte berührt, so entsteht erstens infolge der Verschiedenheit der beiden Lokalzeichen die Vorstellung der Zweiheit, ferner ist die Berührung jedes der Punkte von Berührungsvorstellungen der umgebenden Punkte begleitet. Die durch beide Punkte gemeinsam reproducierten Vorstellungen werden ausgeprägter sein, und man wird so eine *Vorstellung* einer Linie zwischen den beiden Punkten erhalten. Dieser Fall ist verschieden von dem Falle, in welchem die Haut mit einer Linie berührt wird; denn dann hat man die *Empfindung* einer Linie. Wenn ein einziger Hautpunkt berührt wird, so erweckt diese Berührung Berührungsvorstellungen der umgebenden Punkte, es giebt dann, so zu sagen, für jeden Punkt einen »Irradiationskreis«, und »dieser Kreis bringt einfach die allgemeine Region zum Bewusstsein, in der er liegt« (S. 160). Durch allmähliche Konstruktion erhalten wir die Empfindung der Entfernung dieses Kreises von irgend einer Körperstelle. So kommt es, dass die Berührung eines Hautpunktes in uns die Vorstellung des berührten Ortes erweckt. Ich begnüge mich, die Bemerkung hinzuzufügen, dass diese Theorie von JAMES den Beobachtungen über die Aristotelische Illusion (S. 136) widerspricht.

Die erkenntnistheoretischen Fragen über die Konstruktion des »*realen*« Raumes, bei denen sich JAMES lange aufhält, gehören nicht in den Rahmen unserer Untersuchung.

7. Ein ähnlicher Standpunkt ist auch der von STUMPF[1]). Da seine Theorie mir als die beste Theorie des Ursprungs der Raumvorstellung erscheint, so werde ich sie etwas ausführlicher, als die anderen Theorien, darstellen.

Wenn wir eine Gesichtsvorstellung haben, z. B. eine farbige Fläche, so sind wir uns an diesem Eindrucke zweier *Inhalte* be-

---

1) Über den psychologischen Ursprung der Raumvorstellung. Leipzig 1873, besonders zu beachten sind S. 106—142 und S. 272—314.

wusst, nämlich der Farbe und der Räumlichkeit; ebenso verhält es sich, nach STUMPF, mit einer Tastempfindung. Die beiden Inhalte werden also zusammenvorgestellt, wie die Thatsachen des täglichen Lebens es uns zeigen. STUMPF untersucht nun zuerst die Frage: »wie sich Raum und Qualität in der Vorstellung zu einander verhalten?«

»Wir scheiden die Inhalte bezüglich des Zusammenvorgestelltwerdens nach dem Gesichtspunkte ihrer Zusammengehörigkeit in zwei Hauptklassen: selbständige Inhalte und Teilinhalte, und bestimmen als Definition und Kriterium dieses Unterschiedes: selbständige Inhalte sind da vorhanden, wo die Elemente eines Vorstellungskomplexes ihrer Natur nach auch getrennt vorgestellt werden können; Teilinhalte da, wo dies nicht der Fall ist. . . . Man kann nicht eine Farbenqualität ohne irgend eine Intensität, eine Bewegung nicht ohne irgend eine Schnelligkeit vorstellen; und zwar widerspräche es ihrer Natur. Hier ist darum die Verbindung naturnotwendig« (S. 109). Wenn man nach der vorigen Definition der selbständigen Inhalte und der Teilinhalte bestimmen will, zu welcher von diesen beiden Klassen die Qualität einer Empfindung und die Räumlichkeit derselben gehören, so sieht man zuerst, dass sie nicht getrennt von einander vorgestellt werden können. Daraus kann man aber nicht schliessen, dass sie Teilinhalte sind, denn es ist damit nicht gesagt, dass sie ihrer Natur nach nicht getrennt von einander vorgestellt werden können. STUMPF findet aber ein anderes Argument für diese Annahme in der Art und Weise, wie die Qualität und die Räumlichkeit sich gegeneinander verhalten, wenn sie sich verändern.

»Im Allgemeinen gilt, dass sie sich unabhängig verändern d. h. es kann die Ausdehnung sich ändern, während die Farbe die gleiche bleibt, und die Farbe kann sich ändern, während die Ausdehnung gleich bleibt. Aber dennoch participiert die Qualität in gewisser Weise an der Änderung der Ausdehnung. Wir drücken dies sprachlich aus, indem wir sagen: die Farbe nimmt ab, wird kleiner, bis zum Verschwinden. Wachsen und Abnehmen ist die Bezeichnung für quantitative Änderungen.«

»In der That wird die Qualität durch Änderung der Ausdeh-

nung mit afficiert, obgleich die ihr eigentümliche Änderungsweise davon unabhängig ist. Sie wird dabei nicht weniger grün oder rot; sie selbst hat nicht Grade, sondern nur Arten, kann an sich nicht wachsen und abnehmen, sondern nur wechseln. Aber trotzdem, wenn wir sie nach dieser ihr eigentümlichen Weise ganz unverändert, z. B. grün bleiben lassen, wird sie doch durch die quantitative Änderung mitafficiert. Und dass dies nicht etwa nur ein uneigentlicher Ausdruck der Sprache oder eine täuschende Übertragung ist, zeigt sich daran, dass sie bis zum Verschwinden abnimmt, dass sie schliesslich durch blosse Änderung der Qualität Null wird.«

»Hieraus nun folgt, dass beide ihrer Natur nach untrennbar sind, dass sie in irgend einer Weise einen einzigen Inhalt bilden, von dem sie nur Theilinhalte sind« (S. 112 u. 113).

Dieser Schluss bildet die Grundlage der Theorie von Stumpf. Er ist aber nicht ganz berechtigt, er ist, wie ich glaube, kein strenger Schluss. Dass erstens bei Änderung der Ausdehnung sich die Qualität in gewissem Sinne auch ändert, kann nicht bestritten werden, aber es müsste doch nach Stumpf's Ansicht die Änderung der Qualität auch eine Änderung der Ausdehnung zur Folge haben, was nicht der Fall ist, denn es kann die Qualität einer Farbe sich ändern, ohne dass die Ausdehnung der farbigen Fläche sich dabei ändert. 8.

Zweitens scheint mir die Auseinandersetzung Stumpf's insofern ungenügend zu sein, als seine Grundvoraussetzung nicht richtig ist. Wenn zwei Inhalte einer ohne den anderen nicht vorgestellt werden können, und wenn bei Änderung des einen sich der andere auch ändert, so genügt dies noch gar nicht, um zu schliessen, dass diese beiden Inhalte der Natur nach untrennbar und dass sie als Teilinhalte zu betrachten sind. Man könnte höchstens schliessen, dass zwischen beiden Inhalten eine gewisse Beziehung besteht. Ich gebe ein Beispiel: man kann die ganze Auseinandersetzung von Stumpf anwenden auch bei der Annahme, dass die Räumlichkeit einer Gesichtsempfindung in Bewegungsimpulsen besteht, welche die Gesichtsempfindung begleiten; daraus müsste man schliessen, dass die Gesichtsempfindungen und die Bewegungsimpulse der Natur nach untrennbar sind, was aber gar nicht im Sinne von Stumpf als möglich zu betrachten ist. Hiermit ist ein Hauptfehler der Theorie von Stumpf berührt.

9. Nach Stumpf sind also Qualität und Räumlichkeit Teilinhalte der Empfindung, d. h. sie können *ihrer Natur nach* nicht getrennt voneinander in der Vorstellung existieren, nicht getrennt vorgestellt werden; daraus folgt unmittelbar, dass die Räumlichkeit ebenso ursprünglich wie die Qualität ist, dass die eine ohne die andere nicht vorkommen kann.

Die ganze Frage nach der Ursprünglichkeit des räumlichen Momentes einer Empfindung wird also auf eine viel allgemeinere Frage reduciert, nämlich die Frage nach der Ursprünglichkeit verschiedener Teilinhalte der Empfindung, d. h. der Qualität, Intensität, Räumlichkeit und Dauer.

Kann man annehmen, dass ein primitives unentwickeltes Bewusstsein an einer Tastempfindung schon die Momente der Qualität, Intensität, Räumlichkeit und Dauer *unterscheidet*? Stumpf antwortet darauf, dass eine solche Annahme unmöglich ist; eine Empfindung erscheint diesem Bewusstsein als ein undefinierbares Ganzes, als ein »*unnennbarer Inhalt*«, an welchem keines von den vorigen Momenten unterschieden wird. Wie kommt aber das Bewusstsein zur Unterscheidung dieser Momente? Darauf antwortet Stumpf mit folgenden Erläuterungen:

»Erfahrungen des täglichen Lebens lehren, dass wir in einer Vorstellung um so leichter und genauer Teile unterscheiden, je besser wir durch vorherige Einzelvorstellungen mit diesen Teilen bekannt sind. Was nun zunächst die Erklärung dieses Zuges unserer Sinnesthätigkeit anbelangt, so ist wohl kein Zweifel, dass er auf einer Mitwirkung der Phantasie und des Gedächtnisses beruht« (S. 130 u. 131). Wenn man nun diejenigen Fälle betrachtet, in denen eine Unterscheidung von verschiedenen *Qualitäten*, die gleichzeitig gegeben sind, gemacht wird, so kann man behaupten: »*unterschieden wird nur, was getrennt wahrgenommen worden ist*«. Wir unterscheiden also in einem Eindruck nichts, was nicht schon für sich wahrgenommen wird (S. 132 u. 134). So verhält es sich z. B. bei der Analyse eines Accordes; wir unterscheiden die Einzeltöne des Accordes nur, wenn wir sie (früher) getrennt wahrgenommen haben, und diese Unterscheidung wird erleichtert, wenn wir wissen, aus welchen Tönen der Accord besteht, denn in diesem Falle kann unsere Phantasie viel thätiger sein.

Das vorige Gesetz der Unterscheidung gilt streng genommen für die gleichzeitigen Qualitäten. Stumpf macht die *Hypothese*, dass es auch für die Unterscheidung der Teilinhalte einer Empfindung anwendbar sei. »Die Gültigkeit des Gesetzes in unserem Falle also vorausgesetzt, folgt vorerst, dass das, was wir als Inhalt des Gesichtssinnes wirklich empfinden — ursprünglich wie jetzt —, ein *durchaus einheitlicher Inhalt* A ist, in welchen die Unterscheidungen von Qualität, Quantität u. s. w. erst hineingetragen sein müssen; wie wir auch in den vorhin erwähnten Fällen nur eine Empfindung (die des Accordes) wirklich haben.«

»Dass wir nun Qualität, Ausdehnung, Intensität u. s. w. im *Sinne besonderer Inhalte* dahinein verlegen, wie verschiedene Töne in den Accord und verschiedene Geschmäcke in den Mischtrank, ist, wenn das Gesetz gilt, unmöglich, da nach unseren früheren Erörterungen niemals etwas nur qualitativ Bestimmtes, nie reine Qualität, oder etwas nur quantitativ Bestimmtes wahrgenommen werden kann.«

»Wir müssen also die Frage hier vielmehr so stellen: *Was kann in unserem Falle getrennt wahrgenommen werden? Was wird demnach unterschieden? Was bedeutet also der Unterschied von Quantität, Qualität u. s. w., den wir ja faktisch machen?*« (S. 135.) Und auf diese Fragen antwortet Stumpf, dass wir in diesem Falle die *verschiedenen Änderungsweisen des einheitlichen Inhaltes A getrennt wahrnehmen*. Wir sind imstande, nicht nur zwei verschiedene Tasteindrücke zu *unterscheiden*, sondern wir können auch die verschiedenen Veränderungen eines Tasteindrucks in *Reihen ordnen*, in Reihen, welche der qualitativen, räumlichen, zeitlichen, intensiven Änderungsweise des Tasteindrucks entsprechen. »Infolgedessen denken wir jetzt bei jedem Inhalt an die *Möglichkeit der Veränderung in solch verschiedenen Weisen*. Und dies ist es, was wir meinen, wenn wir ihm eine Qualität, Quantität (= Räumlichkeit), Intensität u. s. w. zuschreiben« (S. 136).

Es bleibt noch eine Frage zu beantworten: »Wenn Qualität, Quantität, Dauer u. s. w. eines Inhaltes wirklich nichts anderes bedeuten, als die Möglichkeit gewisser Änderungen, *wie kommen wir dazu, sie für besondere Inhalte zu nehmen?*« Darauf antwortet Stumpf: »Es ist ein Zug unseres gewöhnlichen Denkens: *was*

ein Ding nur unter Umständen thut oder erleidet, was also nur eine Fähigkeit oder Möglichkeit in Bezug auf dasselbe ist, verlegen wir in das Ding als eine ihm wirklich und beständig inhärierende Eigenschaft hinein. Wir sprechen z. B. von der Farbe eines Gegenstandes, auch wenn wir ihn nicht sehen.« Es ist, wie man sieht, das bekannte Gesetz von den Möglichkeiten (possibilities), auf welches J. St. Mill[1] und Taine[2] so viel Gewicht legen.

10. Wir sehen also, dass nach der Theorie von Stumpf das räumliche Moment einer Empfindung ebenso ursprünglich ist, wie das qualitative und das intensive Moment derselben; d. h. dass man an der für das primitive Bewusstsein vorhandenen Empfindung ein Moment der Räumlichkeit unterscheiden kann; das primitive Bewusstsein selbst unterscheidet aber nicht von Anfang an diese verschiedenen Momente, diese Unterscheidung entwickelt sich bei diesem Bewusstsein allmählich und zwar gleichzeitig für die verschiedenen Momente der Empfindung.

»So ist also in gewissem Sinne die Ortsempfindung nicht durchaus ursprünglich, aber ebenso wenig die Qualitätsempfindung. Das einzig Ursprüngliche und wirklich Wahrgenommene waren und sind jene einheitlichen an sich unnennbaren Inhalte, die beständig wechseln, denen wir dann im Hinblick auf diese Veränderungen ihre Namen rot, blau u. s. w. geben, und die wir endlich im Hinblick auf die Möglichkeit verschiedener Änderungsweisen allgemein als qualitativ, quantitativ u. s. w. bestimmt bezeichnen.« (S. 136.)

Diese Räumlichkeit der Empfindung bedarf aber einer Ausbildung, damit man zur Raumvorstellung des entwickelten Individuums gelangt, und bei dieser Ausbildung spielen die Bewegungen eine grosse Rolle. »Versteht man unter Raum die Summe der Vorstellungen, welche uns im gewöhnlichen Leben unter diesem Namen geläufig sind, dann sagen wir getrost: er ist erworben« (S. 313). »Der Kern unserer Ansichten ist in den Sätzen ausgesprochen, dass der Raum in derselben Weise empfunden werde, wie die sinnlichen

---

1) J. St. Mill, Examination of Hamilton. Chapter XIII.

2) Taine, De l'intelligence. Bd. II. Chap. I. »Idées qui composent l'idée de corps.«

Qualitäten, aber mehr als sie der Ausbildung bedarf; einer Ausbildung, die jedoch gleichfalls ganz auf den gewöhnlichen Wegen, dem der Association und der Verarbeitung durch die Phantasie und die Reflexion, vor sich geht« (S. 307).

Ich bemerke endlich, dass, nach STUMPF, alle Empfindungen (Geruch, Geschmack, Gehör, Gesicht, Getast) eine Räumlichkeit in demselben Sinne wie eine Qualität haben. Dagegen lässt sich, wie ich glaube, derselbe Einwand erheben, wie gegen die Theorie von JAMES.

Ich gehe jetzt zu der zweiten Gruppe der nativistischen Theorien über.

11. B. An jeder Tastempfindung eines Neugeborenen kann das Moment der Räumlichkeit unterschieden werden. Diese Räumlichkeit ist nicht ein Teilinhalt der Empfindung selbst, sondern sie ist eine immanente Eigenschaft der Seele oder des Bewusstseins.

Man sieht, dass die Theorie der Raumanschauung von KANT in diese Gruppe gehört. Nach KANT ist dieser Standpunkt von den meisten Physiologen in Deutschland und von vielen Philosophen vertreten worden. Ich werde mich nur mit den Theorien von J. MÜLLER, von E. H. WEBER und von LOTZE beschäftigen.

Der Standpunkt von J. MÜLLER [1]) wird genügend durch folgendes Citat charakterisiert. »Der Begriff des Raumes kann nicht erzogen werden, vielmehr ist die Anschauung des Raumes und der Zeit eine notwendige Voraussetzung, selbst Anschauungsform für alle Empfindungen. Sobald empfunden wird, wird auch in jenen Anschauungsformen empfunden. Was aber den erfüllten Raum betrifft, so empfinden wir überall nichts als nur uns selbst räumlich, wenn lediglich von Empfindung, von Sinn die Rede ist; und so viel unterscheiden wir von einem objektiven erfüllten Raum durch das Urteil, als Raumteile unserer selbst im Zustande der Affektion sind, mit dem begleitenden Bewusstsein der äusseren Ursache der Sinneserregung. So liegt denn die räumliche Anschauung der Leiblichkeit allen Bewegungen zu Grunde, und nicht durch diese kann der Begriff von

1) J. MÜLLER, Zur vergleichenden Physiologie des Gesichtssinnes. Leipzig 1826. S. 39—55, auch S. 84 ff. — Handbuch der Physiologie. 4. Aufl. 1844. Bd. I. S. 590 ff. Bd. II. S. 249 ff.

Räumlichkeit entstehen. Die Netzhaut sieht in jedem Sehfelde nur sich selbst in ihrer räumlichen Ausdehnung im Zustande der Affektion; sie empfindet sich selbst in der grössten Ruhe und Abgeschlossenheit des Auges räumlich dunkel. Allerdings entsteht durch die Bewegung dieses Sehfeldes vermöge der Augenmuskeln erst der allgemeine Sehraum. Die Bewegung hilft nicht die Sinnesenergien bilden, sie macht den Sinn frei« (Physiol. des Gesichtssinnes. S. 54).

12. E. H. WEBER[1]) vertritt eine Ansicht, die der vorigen sehr ähnlich ist. Nach seiner Auffassung hat nämlich die Seele eine angeborene Anlage, auf Grund welcher die Empfindungen nach den »Kategorien des Raumes, der Zeit und der Zahl« vorgestellt werden. An mehreren Stellen betont WEBER, dass diese Anlage nicht in den Empfindungen selbst liege, sondern, dass sie eine »Seelenkraft«, eine »Seelenanlage« sei. Diese wird als angeboren gedacht und von WEBER als »intellektueller Instinkt« bezeichnet. Bei der Ausbildung der Vorstellung über den Ort der Reizung und über die Ausdehnung und Form der berührten Hautstelle spielt die Erfahrung eine grosse Rolle. WEBER nimmt an dem Nervensystem eine besondere Einrichtung an, welche darin besteht, »dass das empfindliche Organ in kleine neben einander liegende Abteilungen (Gefühlskreise) geteilt ist, von welchen jede einen besonderen Nervenfaden bekommt, der getrennt von andern Nervenfäden bis zum Gehirne läuft«, und diese Nervenfäden liegen neben einander im Gehirne in einer ähnlichen Ordnung, wie in dem empfindlichen Organ. Das Gehirn stellt also, nach WEBER, eine Abbildung des Körpers dar. Dies ist eine Hypothese, welche schon im vorigen Jahrhundert von ER. DARWIN gemacht wurde, um die Räumlichkeit der Tastempfindungen zu erklären.

Die hier erwähnte Theorie der Empfindungskreise, welche die Thatsachen des Raumsinnes der Haut zu erklären versucht, wird von mir im II. Kapitel näher besprochen werden.

---

1) E. H. WEBER, Die Lehre vom Tastsinne und Gemeingefühle. in WAGNER's Handwörterb. d. Physiol. Bd. III. 2. S. 481—588. — Über den Raumsinn und die Empfindungskreise in der Haut und im Auge. Berichte d. k. Gesellsch. d. Wiss. zu Leipzig. Math.-phys. Klasse. 1852. S. 85—164.

Die Theorie von LOTZE[1]) ist eine der ersten Theorien und zugleich eine von denjenigen, welche am klarsten durchgeführt worden sind; sie hat einen grossen Einfluss auf die spätere Entwickelung der Frage ausgeübt. LOTZE hat selbst seine Theorie sieben mal auseinandergesetzt. Trotzdem eine Zwischenzeit von mehr als 30 Jahren zwischen der ersten und der letzten Darstellung liegt, weichen diese nur wenig von einander ab.

LOTZE ist in den Beurteilungen, welche seine Theorie gefunden hat, sehr oft als Empirist bezeichnet worden, ich glaube aber, dass dies durchaus unberechtigt ist. LOTZE sagt an vielen Stellen, dass die Seele von Anfang an genötigt sei, »das Empfundene in die Raumanschauung aufzunehmen«; die Räumlichkeit einer Empfindung ist nach ihm nicht eine Eigenschaft der Empfindung selbst, sondern sie ist eine »Fähigkeit« der Seele. Wenn der äussere Eindruck, z. B. die Berührung einer Hautstelle mit einer Fläche, selbst räumlich ist, so gelangt zum Gehirn eine Summe intensiver Erregungen und diese intensiven Erregungen werden von der Seele räumlich aufgefasst. »Überall wird das Extensive in ein Intensives verwandelt, und aus diesem erst muss die Seele eine neue innerliche Raumwelt rekonstruieren, in welcher die Bilder der äusseren Objekte ihre entsprechenden Stellen finden.« (Med. Psych. S. 328.)

»Für alle unsere physiologischen Betrachtungen reicht die Vorstellung hin, dass die Raumanschauung ein der Natur der Seele ursprünglich und a priori angehöriges Besitztum sei, das durch äussere Eindrücke nicht erzeugt, sondern nur zu bestimmten Anwendungen provociert wird. Wir meinen damit nicht, dass der unendliche nach drei Richtungen ausgedehnte Raum von selbst ein immerwährender Gegenstand unseres Bewusstseins sei, den wir etwa seit unserer Geburt in Gedanken anstierten, begierig, ihn mit Bildern zu füllen. Wir meinen nur, dass die ursprüngliche Natur unseres Geistes uns dazu treibt, unsere Empfindungselemente in räumlichen Lagen zu

---

1) LOTZE, Seele und Seelenleben, in WAGNER's Handwörterb. d. Physiol. Bd. III, 1. 1846. S. 172—190. — Medizinische Psychologie. 1852. S. 325—435. — Grundzüge der Psychologie. S. 31—43. 4. Aufl. 1889. — Metaphysik. S. 543—574. 2. Aufl. 1884. — Mikrokosmos. I. S. 324—359. — De la formation de la notion d'espace. Revue Phil. 1877. Bd. 4. S. 345—365. — Anhang zu STUMPF's Unters. üb. d. psycholog. Ursprung der Raumvorstellung. Leipzig 1873. S. 315—324.

ordnen, und dass eine spätere Reflexion auf die unendliche Anzahl solcher Anordnungen, die wir unbewusst vorgenommen haben, uns auch die mehr oder minder lebhafte Gesamtanschauung des alle umfassenden unendlichen Raums zum Bewusstsein bringt.« (Med. Psych. S. 335.)

Die »Fähigkeit« und »Nötigung« der Seele, das Empfundene räumlich zu ordnen, sucht LOTZE nicht zu erklären, sie gehört für ihn in die »philosophische Psychologie«; er untersucht nur, ob es nicht in den Empfindungen selbst gewisse Merkmale giebt, nach welchen sich die Seele richtet, um die Empfindungen in diejenige räumliche Ordnung zu einander zu bringen, die der wirklichen räumlichen Ordnung der Eindrücke entspricht. Diese Merkmale sind die Lokalzeichen. »Die Lokalzeichen bilden immer ein an sich ganz unräumliches, ich möchte sagen, arithmetisch-qualitatives Reihensystem; dass und warum eine Seele diese qualitativen Differenzen zwischen zwei Gliedern gerade in Gestalt eines räumlichen Nebeneinander auffassen müsse, konnte ich nicht deducieren wollen. Vorausgesetzt vielmehr, dass aus irgend welchem unbekannten Grunde und in Bezug auf eine gewisse Gruppe von Eindrücken für die Seele die Notwendigkeit einer solchen Anschauungsweise einmal bestehe, habe ich nur gefragt, wonach sie sich richte bei der Verteilung ihrer Eindrücke an bestimmte Stellen dieses Raumes.« (STUMPF's Raumvorstellung, Anhang S. 322.)

»Die Lokalzeichen sollen nicht der Seele, die an sich weder Neigung noch Fähigkeit zu räumlicher Anschauung hätte, beide einflössen, sondern sie sollen ihr, die ihrer Natur gemäss zu räumlicher Entfaltung ihres intensiven Inhaltes drängt, Mittel sein, diese ihre allgemeine Vorstellungsweise in Übereinstimmung mit der Natur und den gegenseitigen Verhältnissen der Gegenstände anzuwenden.« (Med. Psych. S. 335.)

Damit die Empfindungen von der Seele in einer räumlichen Ordnung, die in Übereinstimmung mit der entsprechenden äusseren Wirklichkeit steht, aufgefasst werden, müssen die Localzeichen als Glieder einer geordneten Reihe betrachtet werden. Dieses findet auch nach LOTZE für den Gesichtssinn statt; für den Tastsinn aber nur infolge der Associationen der Tastempfindungen mit den Gesichtsvorstellungen: »die Hautnerven teilen ihren Erregungen zwar ver-

schiedene Lokalzeichen, aber nicht solche mit, welche selbst Glieder eines sehr fein abgestuften Systems vergleichbarer Elemente wären. Obgleich wir daher die Reize der einzelnen Hautpunkte sehr leicht als örtlich verschiedene überhaupt wahrnehmen, so beruht doch ihre Einordnung an bestimmte Raumpunkte der Körpergestalt gar sehr auf Associationen zwischen ihnen und den Gesichtsvorstellungen.« (Med. Psych. S. 333.)

Lotze bespricht ferner sehr ausführlich, worin die Lokalzeichen des Tast- und Gesichtssinnes bestehen, ich werde darauf im II. Kapitel näher zu sprechen kommen. Hier will ich nur auf eine Stelle bei Lotze aufmerksam machen. Man hat nämlich der Theorie von Lotze vorgeworfen, dass sie nicht imstande sei zu erklären, warum die Reizung einer Stelle der Nervenbahn Empfindungen hervorruft, die an dem peripheren Ende des Nerven lokalisiert werden, die Lokalzeichen seien ja hier nicht vorhanden. Lotze bespricht diese Beobachtungen und erklärt sie durch eine gewisse physiologische Einrichtung des Nervensystems: »Was wir daher dem Gesetze der excentrischen Erscheinung als wahrscheinlich zugestehen können, ist nur dies: die spätere Lokalisation der Empfindung hängt ab von dem Lokalzeichen, welches der empfindungserzeugende Nervenprocess in den Centralorganen sich aneignet je nach der Eigentümlichkeit des Elementes, mit welchem er dort vermöge der Lagerung der Fasern in Wechselwirkung tritt; auf die Gestaltung dieses Lokalzeichens hat mutmaasslich der Ort im Verlauf des Nerven, wo der Reiz einwirkte, oder die Länge des Weges, welchen der empfindungserzeugende Vorgang bis zu den Centralorganen zurücklegen musste, keinen Einfluss. Die Empfindung wird daher stets nach demselben Ort projiciert, mag der sie erzeugende Reiz den Nerven in der Peripherie oder im Centrum oder im Verlaufe zwischen beiden getroffen haben.« (Med. Psych. S. 341.)

Ich habe die Darstellung der nativistischen Theorien beendigt. Alle diese Theorien nehmen an, dass das ursprüngliche Bewusstsein Empfindungen hat, an denen man eine Räumlichkeit unterscheiden kann. Entweder ist diese Räumlichkeit ein Teilinhalt der Empfindung selbst in demselben Sinne, wie es die Qualität und die Intensität der Empfindung sind (Stumpf, James), oder das primitive Bewusstsein ist von vornherein genötigt, jede Tastempfindung räumlich aufzu-

fassen, und die Entwickelung besteht nur darin, dass diese räumliche Auffassung im Laufe der Zeit immer mehr die natürliche Ordnung der Objekte im Raume wiedergiebt, welcher Entwickelung gewisse Einrichtungen im Nervensystem: Empfindungskreise (WEBER) oder Lokalzeichen (LOTZE), zu Grunde liegen.

Es ist, wie ich glaube, nicht möglich, durch Beobachtungen zu beweisen, dass diese Theorien richtig, bez. falsch sind. Man muss hier diejenigen Theorien als die besten betrachten, welche dem ursprünglichen Bewusstsein am wenigsten Eigenschaften zuschreiben, die aber anderseits nicht den Thatsachen widersprechen. Wir werden jetzt sehen, in wieweit diese Forderungen von den verschiedenen genetischen Theorien erfüllt sind.

§ 2. Genetische Theorien.

Die genetischen Theorien nehmen an, dass der Tastempfindung des primitiven unentwickelten Bewusstseins keine Räumlichkeit zukommt. Die Tastempfindungen werden für das Bewusstsein erst im Laufe der Entwickelung räumlich. Man kann drei Gruppen von genetischen Theorien unterscheiden, je nach der Art, wie dieselben die Entstehung des räumlichen Momentes erklären.

1. A) Die Empfindungen des Tast- und Gesichtssinnes haben im primitiven Bewusstsein (abgesehen von der Dauer) nur eine Intensität und eine Qualität, sie haben noch keine Räumlichkeit; letztere entsteht als Resultat einer gewissen Kombination dieser an sich unräumlichen Empfindungen.

Zu dieser Gruppe gehören die Theorien von HERBART, VOLKMANN und LIPPS.

Die Theorie von HERBART[1]) ist eine Anwendung seiner metaphysischen Anschauungen über die Einfachheit der Seele und seiner Theorie der Reproduktion der Vorstellungen. »Die räumliche Auffassung liegt nicht in der allerersten, unmittelbaren Wahrnehmung, hier kann sie nicht liegen, denn es ist evident, dass die vollkommne Intensität des Vorstellens, so lange noch die Vorstellungen in eine

1) HERBART, Psychologie als Wissenschaft. § 109—116. — Lehrbuch der Psychologie. 2. Abschnitt.

einzige Masse zusammenschmelzen, und so lange jede für alle nur einen einzigen, gleichen nisus der Reproduktion aufzubieten hat, alle Räumlichkeit aufhebt. Vielmehr kommt allerdings aus dem Innern etwas hinzu, welches der Wahrnehmung die räumliche Form giebt. Aber dieses etwas ist nicht ein Seelenvermögen: sondern es sind die schon vorhandenen Vorstellungen, welche in ihrem Wieder-Hervortreten ein gewisses Gesetz befolgen, ein Gesetz der Ordnung, nach welchem jede auf das Hervortreten des mitverbundenen wirkt. Sofern nun die augenblickliche Wahrnehmung mit diesen schon geordneten Vorstellungen verschmilzt, wird sie selbst geordnet; und ist daher allerdings die fortdauernde Wahrnehmung in einem beständigen Übergange zur räumlichen Form begriffen.« (Psych. als Wissensch. § 111.) Das Gesetz der Ordnung, von welchem Herbart hier spricht, ist das Reproduktionsgesetz; ich werde hier seine Theorie etwas näher erläutern.

2. Es sei eine Reihe von Tastempfindungen *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, *f* gegeben, welche nach einander in das Bewusstsein treten. Wenn nach *a* die Empfindung *b* eintritt, so wird *a* etwas verdunkelt, *b* verschmilzt also mit einem gewissen »Rest« von *a*. Nun tritt *c* ein, es verschmilzt mit »dem sich verdunkelnden *b* und dem noch mehr verdunkelten *a*«; u. s. w. Es wird auf diese Weise jedes Glied der Reihe mit den verschiedenen Resten der vorhergegangenen Glieder verschmolzen, und zwar nehmen diese Reste bei wachsendem Intervall zwischen den Gliedern ab; z. B. das Glied *d* verschmilzt mit einem gewissen Rest von *c*, mit einem kleineren Rest von *b* und mit einem noch kleineren Rest von *a*. Wenn also das Glied *d* wieder im Bewusstsein auftaucht, so wird es *c* am deutlichsten reproducieren, *b* weniger deutlich und *a* noch weniger; diese verschiedenen Glieder werden aber »auf einmal, in abgestufter Klarheit« reproduciert; es ist dies die simultane Reproduktion. Nun ist aber andererseits ein gewisser Rest von *d* mit *e* verschmolzen gewesen und ein noch kleinerer Rest von *d* mit *f*; hier hat man die successive Reproduktion. Man wird nach Herbart ein »räumliches Vorstellen« dann erhalten, wenn für jedes Glied der Reihe beide Reproduktionsarten bestehen; dafür ist aber erforderlich, dass die Reihe in zwei verschiedenen Folgen auftritt, nämlich in der Folge *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, *f* und in der umgekehrten Folge *f*, *e*, *d*, *c*, *b*, *a*. Es tritt z. B. dieser Fall dann ein, wenn man

mit dem Finger die Tischkante zuerst von rechts nach links und dann von links nach rechts durchläuft. Diese Umkehrbarkeit der Reihenfolge im räumlichen Vorstellen wird von HERBART als der wichtigste Unterschied zwischen dem räumlichen und dem zeitlichen Vorstellen hervorgehoben.

Man sieht also, dass die Theorie von HERBART im engen Zusammenhange mit seiner Reproduktionstheorie steht; diese Reproduktionstheorie kann aber bei dem jetzigen Zustande der experimentellen Psychologie nicht mehr verteidigt werden. Aber auch abgesehen davon kann die Theorie der Bildung der räumlichen Vorstellung, welche von HERBART vertreten wird, nicht angenommen werden, denn man kann genau dieselben Bedingungen der Reihenfolgen auch bei Tönen herstellen, ohne dabei eine räumliche Vorstellung zu erhalten.

Dieser Einwand wurde schon von LOTZE gemacht. VOLKMANN hat aber trotzdem eine wenig von der HERBART'schen abweichende Theorie entwickelt[1]) und behauptet dabei, dass für die Töne ebenso wie für Tast- und Gesichtsempfindungen eine räumliche Auffassung entsteht, wenn nur diese Töne in den erforderlichen Reihenfolgen gegeben werden. Ich halte es nicht für nötig, näher auf diese Theorie einzugehen. Die Theorie von HERBART wollte ich hauptsächlich deshalb wiedergeben, weil sie einen grossen Einfluss auf die spätere Entwickelung der Psychologie ausgeübt hat.

3. Die Theorie von LIPPS[2]), welche auch zu dieser Gruppe gerechnet werden muss, werde ich ebenfalls nicht ausführlich besprechen. Sie ist nämlich ebenso konstruktiv, wie die von HERBART, und stützt sich wenigstens im Gebiete des Tastsinnes nicht auf Beobachtungen. Die Grundlage der Theorie von LIPPS ist seine Lehre von der Verschmelzung. »Völlig gleiche und völlig gleichzeitige seelische Erregungen verschmelzen zu einem Bewusstseinserfolg«; wenn diese Erregungen nicht völlig gleich sind, sondern nur teilweise gleich, also ähnlich, so besteht eine Verschmelzungstendenz, welche umso stärker ist, je ähnlicher die Erregungen sind. Andererseits hat aber jede Vorstellung ein ursprüngliches Bestreben, »sich in ihrer qualitativen Eigen-

---

1) VOLKMANN, Lehrbuch der Psychologie. 4. Aufl. Bd. II. S. 1—160.

2) LIPPS, Grundthatsachen des Seelenlebens. 1883. S. 472—587. — Psychologische Studien. 1885.

art zu behaupten, oder als das, was sie ist, zur Geltung zu kommen«. Dieses Bestreben steht der Verschmelzungstendenz direkt entgegen.

Wenn aber zwei gleichzeitige Eindrücke keine Ähnlichkeit haben, so verschmelzen sie nicht, und hier unterscheidet Lipps zwischen den Tönen und den übrigen Sinneseindrücken: »Verschmelzen gleichzeitig vorhandene Töne nicht, so stehen sie qualitativ nebeneinander, oder entfernen sich qualitativ mehr oder weniger von einander. Dies qualitative Nebeneinander oder Auseinander genügt für ihren gleichzeitigen selbständigen Bestand. Dagegen bedürfen gleichzeitig vorhandene Bewusstseinsinhalte der anderen Sinnesgebiete, wenn sie nicht verschmelzen sollen, eines besonderen verselbständigenden Mediums. Ein solches bietet sich in der Räumlichkeit. Dass dem so ist, dass die Seele verschiedene gleichzeitige Eindrücke des Getasts, Gesichts etc. in ihrer Selbständigkeit zu erhalten vermag und thatsächlich erhält, indem sie dieselben räumlich ordnet, und dass sie dies auf keine andere Weise vermag, oder anders ausgedrückt, dass verschiedene gleichzeitige Eindrücke des Getasts oder Gesichts sich in ihrer Selbständigkeit zu behaupten vermögen, indem sie sich räumlich nebeneinander lagern und dass sie es nur in der Weise vermögen, dies ist die nicht weiter ableitbare Thatsache, von der wir bei unserer Raumkonstruktion ausgehen müssen.« (Seelenleben S. 475.)

Wenn ein einfacher Tasteindruck e_1 gegeben ist, und sonst nichts, so »kann er in keiner Weise räumlich sein. Er ist weder irgendwo, noch ist er ausgedehnt«. Wenn ein zweiter Eindruck e_2 hinzutritt, so sind zwei Möglichkeiten vorhanden: entweder ist e_2 e_1 ähnlich, bez. identisch mit demselben, dann verschmelzen die beiden zu einem unräumlichen Ganzen; oder sie sind der Verschmelzung unfähig. »Dann müssen sie aussereinander vorgestellt werden. Sie scheinen aber nicht aussereinander vorgestellt werden zu können. Zwei einfache Punkte liegen aussereinander, wenn sie einen Zwischenraum zwischen sich lassen. Ihr Aneinander ohne Zwischenraum ist identisch mit völligem Zusammenfallen. Da andererseits ein leerer und doch vorgestellter Zwischenraum ein Unding ist, so müssen die beiden Punkte entweder aufhören Punkte zu sein, oder wir müssen unsere Voraussetzung, sie seien der Verschmelzung unfähig, aufgeben und annehmen, jeder Lichteindruck könne von Hause aus mit jedem Lichteindruck, jeder Tasteindruck mit jedem Tasteindruck verschmelzen.«

»In der That wollen wir im folgenden einstweilen die letztere Annahme zu Grunde legen. Damit sind wir dann zunächst wiederum bei der Raumlosigkeit angelangt. Es bleibt aber auch bei derselben, wenn wir nicht zugleich die andere Seite des obigen Entweder-Oder gelten lassen, also annehmen, dass einfache Eindrücke ihre punktförmige Beschaffenheit (sic!) aufzugeben vermögen. Beides vereinigt sich unter der Voraussetzung, dass es erlaubt ist, noch von einer anderen Art der Verschmelzung zu sprechen als derjenigen, die im völligen Zusammenfallen besteht, wenn es, genauer gesagt, stetig räumliche Verschmelzung giebt.« (Seelenleben. S. 478.) Und diese stetig räumliche Verschmelzung führt Lipps zum Element des Raumes, der Linie, und dann durch weitere Konstruktion zur Vorstellung der Fläche und des dreidimensionalen Raumes.

Es ist aber leicht zu sehen, dass im vorigen Citat Lipps die Voraussetzung macht, dass ein einfacher Eindruck, der unräumlich ist, als Punkt erscheint oder eine punktförmige Beschaffenheit besitzt; dieses ist aber augenscheinlich ein direkter Widerspruch; denn sobald man von punktförmiger Beschaffenheit spricht, kann man schon nicht mehr sagen, dass der Eindruck unräumlich erscheint.

4. Lipps nimmt ferner an, dass jeder Tasteindruck (auch Gesichtseindruck) von einem Lokalzeichen begleitet ist, welches »die Einfügung des Eindrucks in das System der Raumbeziehungen« erlaubt; diese Lokalzeichen bilden eine kontinuierliche Reihe und von Bedeutung für die Raumkonstruktion sind nicht die einzelnen Lokalzeichen, sondern nur Verhältnisse zwischen verschiedenen Lokalzeichen. Endlich behauptet Lipps, dass die Lokalzeichen an sich keinen Raum ergeben. »Wir müssen dann nur die Annahme hinzufügen, die Lokalzeichen ergeben, ehe sich die Erfahrung ihrer bemächtige, überhaupt keinen Raum, sondern jeder Eindruck fliesse ursprünglich mit jedem zu einer blos intensiven Tastempfindung zusammen. Daraus entstände dann unser jetziger Raum, indem allmählich in der Erfahrung Eindrücke und Zusammenordnungen von Eindrücken Selbständigkeit gewönnen und sich heraussonderten. Die ursprüngliche intensive Grösse dehnte sich allmählich zu einer mehr und mehr und bestimmter und bestimmter gegliederten extensiven.« (Seelenleben. S. 513.)

5. Wir sehen also, dass die Theorie von Lipps stillschweigend die

Räumlichkeit der Tastempfindungen voraussetzt, und dass sie nicht die Raumvorstellung auf eine besondere Art der Verschmelzung unräumlicher Elemente zurückführen kann. Sie erklärt vielmehr die Raumvorstellung durch eine Verschmelzung schon räumlicher Elemente. Dass diese Elemente räumlich sind, kann man schon daraus schliessen, dass sie eine punktförmige Beschaffenheit besitzen. Eigentlich hätte also die Theorie von LIPPS nicht in diesem Paragraphen behandelt werden sollen. Ich habe sie hier nur deshalb dargestellt, weil sie vorgiebt, die Räumlichkeit durch eine besondere Kombination unräumlicher Empfindungen erklären zu können[1].

---

6. B) Eine Tastempfindung ist im primitiven Bewusstsein nicht räumlich; diese Räumlichkeit wird nur mit Hülfe anderer Empfindungsarten gebildet.

Die Empfindungen, mit Hülfe welcher nach der hier erwähnten Annahme die Räumlichkeit der Tastempfindungen sich herausbildet, sind die Bewegungsempfindungen.

Hierher gehören einerseits die Theorien der englischen Empiristen BROWN, JAMES MILL, J. ST. MILL, BAIN, SPENCER und die von TAINE, andererseits die Theorien der »psychischen Chemie« von STEINBUCH und WUNDT. Die ersteren behaupten, dass die Bewegungsempfindungen die Grundlage der Raumvorstellung bilden, ja dass sogar die Raumvorstellung sich auf Bewegungsempfindungen reducieren lasse. Die anderen behaupten dagegen, dass die Räumlichkeit als etwas Neues aus der Synthese der Bewegungs- und Tastempfindungen entstehe, und dass weder die Bewegungs- noch die Tastempfindungen ursprünglich eine Räumlichkeit haben.

Die Theorie der englischen Empiristen ist in ihren wichtigsten Zügen schon von BROWN[2]) und JAMES MILL[3]) entwickelt worden,

1) Diese Theorie von LIPPS hat einen grossen Beifall bei einigen Psychologen gefunden; so sagt z. B. JAMES, dass LIPPS der Autor ist »whose deduction of space from an order of nonspacial differences, continuous yet separate, is a wonderful piece of subtlety and logic« (Principles of Psychol. II. S. 280). Es ist aus unserer Darstellung der Theorie von LIPPS ersichtlich, dass unsere Meinung von dieser Theorie mit derjenigen von JAMES gar nicht übereinstimmt.

2) BROWN, Lectures on the philosophy of the human mind. Vol. I. 1820. S. 487—587.

3) JAMES MILL, Analysis of the phenomena of the human mind. Ausgabe von 1869. Vol. II. S. 142—163. Hier sind auch wichtige Anmerkungen von BAIN und J. ST. MILL.

nach ihnen wurde sie sehr ausführlich von J. St. Mill[1]) und Bain[2]) durchgeführt. Ich werde nur die Ansichten der beiden letztgenannten Philosophen hier besprechen.

Die Grundlage dieser Ansichten liegt in der Unterscheidung verschiedener Muskelempfindungen[3]), die man bei der Veränderung des Zustandes eines Muskels hat. Man hat nämlich hierbei (nach diesen Ansichten) drei verschiedene Empfindungen:

1) Die Empfindung des Widerstandes, welche der Grösse der Kontraktion des Muskels oder der Grösse der angewandten Energie korrespondiert. Diese Empfindung ist die Grundlage unserer mechanischen Auffassung, sie dient zur Messung der Kraft, der Inertie und überhaupt der »mechanischen Eigenschaften der Materie«.

2) Die Empfindung der Dauer (continuance) einer Muskelaktion; sie muss als verschieden von der vorigen angesehen werden. Wenn man z. B. ein Gewicht vor 100 gr zuerst auf eine Höhe von 10 cm, dann auf eine Höhe von 20 cm bei gleicher Geschwindigkeit aufhebt, so hat man zwei verschiedene Muskelempfindungen, aber deren Unterschied ist nicht identisch mit dem Unterschiede der Empfindungen beim Aufheben von 100 gr auf 10 cm Höhe und dann von 200 gr auf dieselbe Höhe bei gleicher Geschwindigkeit. In diesem letzteren Falle hat man einen Unterschied in den Empfindungen des Widerstandes, im ersteren dagegen einen Unterschied in den Empfindungen der Dauer der Muskelaktion. Diese Empfindungen der Dauer einer Muskelaktion bilden die Grundlage für die Raumwahrnehmung; aber sie bilden nur die Grundlage davon; allein genommen führen sie noch nicht zur Wahrnehmung der Räumlichkeit, sie werden es nur dann thun können, wenn sie mit Tast- oder Gesichtsempfindungen verbunden werden.

3) Von den beiden vorigen Empfindungen verschieden ist noch die Empfindung der Schnelligkeit (rapidity) einer Muskelaktion.

---

3) J. St. Mill, An examination of Sir W. Hamilton's philosophy. 6. Aufl. 1889. S. 187—313; auch in den Anmerkungen zur Ausgabe von James Mill's Analysis.

2) Bain, The senses and the intellect. 4. Aufl. S. 96 ff., 198 ff., 254 ff., 686 ff. u. 686 ff. — Mental and Moral Science. Vol. I.

3) Ich übersetze das englische Wort feeling durch Empfindung, da hier dieses Wort am besten den Sinn wiedergiebt; eigentlich hat ja allerdings feeling eine viel allgemeinere Bedeutung als das Wort Empfindung, denn es umfasst auch alle elementaren Gefühle.

Wenn man z. B. ein Gewicht von 100 gr in einer Sekunde auf die Höhe von 10 cm und dann dasselbe Gewicht in zwei Sekunden auf dieselbe Höhe emporhebt, so hat man einen Unterschied hinsichtlich der Empfindung der Schnelligkeit einer Muskelaktion. Diese Empfindung ist von den Empfindungen des Widerstandes und der Dauer einer Muskelaktion verschieden, aber andererseits steht sie in engem Zusammenhange mit ihnen; sie bildet nämlich ein vermittelndes Glied zwischen diesen beiden Empfindungen. »Eine langsame Bewegung während einer längeren Zeitdauer ist äquivalent einer schnelleren Bewegung von geringerer Dauer; wir überzeugen uns davon leicht, indem wir bemerken, das sie beide gleichen Erfolg haben, denn sie erschöpfen beide die ganze Bewegungsamplitude, die der Arm durchlaufen kann. Wenn wir nämlich versuchen, unseren Arm möglichst weit zu bewegen, so finden wir, dass langsame Bewegungen von längerer Dauer den schnelleren Bewegungen von geringerer Dauer äquivalent sind; wir sind also imstande, durch diese beiden Bewegungen eine Messung der Amplitude unserer Bewegung, d. h. eine Messung der linearen Ausdehnung, zu erhalten.« (J. St. Mill.) Die Beobachtung der Äquivalenz der beiden obigen Bewegungen führt direkt zur Vorstellung eines konstanten unveränderlichen Raumes.

7. Diese verschiedenen Muskelempfindungen bilden aber nur die Grundlage der Raumvorstellung, allein genommen würden sie uns zu keiner bestimmten Raumvorstellung führen; es würden erstens der Anfang und das Ende einer Bewegung für das Bewusstsein sehr unbestimmt sein, und zweitens würden sie uns noch nicht die Vorstellung der Gleichzeitigkeit liefern, man würde nur Vorstellungen der Succession haben. Diese Vorstellung der Succession, welche die Grundlage der Zeitvorstellung bildet, ist also, nach dieser Theorie, früher gegeben als die Vorstellung der Koexistenz. Für die Raumvorstellung ist diese letztere von grösster Wichtigkeit. Sie wird aber erst dann entstehen, wenn die Bewegungsempfindungen mit Tast- oder Gesichtsempfindungen verbunden werden. Man wird wohl zwei koexistente Empfindungen haben, wenn z. B. ein Ton gleichzeitig mit einem Gesichtseindruck gegeben wird; aber hier wird keine Vorstellung der Räumlichkeit entstehen, denn man kann nicht von der einen Empfindung zur anderen durch Muskelempfindungen übergehen, wie das z. B. für Tast- und Gesichtsempfindungen möglich ist. „Nehmen

wir zwei kleine Gegenstände A und B, die nahe genug aneinander liegen, damit sie gleichzeitig der eine mit der rechten, der andere mit der linken Hand berührt werden können. Hier sind zwei gleichzeitige Tastempfindungen, ebenso wie eine Farben- und eine Geruchsempfindung gleichzeitig sein können, und dies führt uns zur Erkennung zweier Tastobjekte, die beide gleichzeitig existieren. Es fragt sich nun: was haben wir in unserem Bewusstsein, wenn wir uns die Beziehung der beiden Objekte zu einander als Ausdehnung oder als Zwischenraum vorstellen, eine Beziehung, die zwischen der Farbe und dem Geruch nicht besteht? Diejenigen, welche mit Brown übereinstimmen, sagen, dass, was nur die Vorstellung (notion) der Ausdehnung sein mag, wir diese durch die Bewegung eines Tastorganes von A zu B erhalten (acquire), und dass dieser Process, soweit er für uns bewusst ist, aus einer Reihe von Muskelempfindungen besteht. . . Wenn wir sagen, dass zwischen A und B ein Raum enthalten ist, so meinen wir damit, dass eine gewisse Reihe von Muskelempfindungen zwischen den Empfindungen A und B eintreten muss; und wenn wir sagen, dass der Zwischenraum grösser bez. kleiner ist, so meinen wir damit, dass die Reihe der Muskelempfindungen länger, bez. kürzer ist. . . . Diese Art und Weise, auf welche wir die Vorstellung der Ausdehnung erhalten, ist aber die Ausdehnung selbst. Die Vorstellung eines ausgedehnten Gegenstandes ist also die Vorstellung einer Anzahl verschiedener Wiederstandspunkte (resisting points), die gleichzeitig existieren, die aber von einem und demselben Tastorgan nur nacheinander (successively) wahrgenommen werden können, vermittelst einer Reihe von Muskelempfindungen, welche letztere deren Entfernungen bezeichnen. Diese Punkte erscheinen in verschiedenen Entfernungen von einander, weil die Reihen der zwischenliegenden Muskelempfindungen bald länger, bald kürzer sind." (J. St. Mill, Examination of Hamilton. S. 280.)

Ebenso behauptet auch Bain, dass die Vorstellung eines Zwischenraumes zwischen zwei Tastempfindungen nichts anderes sei, als die Vorstellung der Succession gewisser Muskelempfindungen, welche eintreten müssen, wenn man beide Empfindungen mit demselben Tastorgan (z. B. Finger) erhalten will.

8. Wir müssen noch zeigen, wie man nach der hier besprochenen Theorie zur Erkennung der Simultaneität und der Succession

gelangt. Bain sucht dies durch ein Beispiel zu erklären: wenn wir mit der Hand einen Gegenstand greifen, der sich bewegt, und wenn wir unsere Hand mit diesem Gegenstande zusammen bewegen, so haben wir eine Reihe von Muskelempfindungen, die mit einer konstanten Tastempfindung verbunden sind. Wenn wir andererseits unseren Finger über einem Gegenstande bewegen, so haben wir eine Reihe von Muskelempfindungen, die mit einer Reihe von verschiedenen Tastempfindungen verbunden sind. In beiden Fällen können die Muskelempfindungen identisch sein, so dass die Fälle sich nur durch die begleitenden Tastempfindungen unterscheiden. Im ersteren Falle haben wir eine Vorstellung der Succession, was die Grundlage für die Zeit bildet; im zweiten Falle haben wir die Vorstellung der Koexistenz einer Tastempfindung mit einer Muskelempfindung, woraus die Vorstellung des Räumlichen entsteht. Wenn wir nämlich den Finger schneller über denselben Gegenstand bewegen, so haben wir eine schnellere Folge von Muskelempfindungen und auch eine schnellere Folge von Tastempfindungen; wenn wir die Bewegung im entgegengesetzten Sinne machen, so haben wir dieselbe Reihe der Tastempfindungen, aber in der entgegengesetzten Folge. Man sieht also, dass die Succession das Einfachere ist; eine konstante Tastempfindung begleitet von einer Reihe von Muskelempfindungen genügt dafür vollständig. Die Koexistenz dagegen ist viel komplicierter; sie verlangt eine Reihe von Tastempfindungen, welche die Reihe der Muskelempfindungen begleiten, und die Umkehrbarkeit dieser Reihe der Tastempfindungen bei der Umkehrung der Reihe der Muskelempfindungen. (Bain, Senses and Intellect. S. 198.)

Die englischen Empiristen nehmen also an, dass die Tastempfindungen für das primitive Bewusstsein nicht räumlich sind, und dass sie auch im Laufe der Entwickelung nicht räumlich werden könnten, wenn sie sich nicht mit Bewegungsempfindungen verbänden. Erst nachdem die Tastempfindungen zu wiederholten Malen in der Weise mit Bewegungsempfindungen verbunden worden sind, dass zwischen je zwei verschiedene Tastempfindungen, die mit demselben Tastorgan erhalten wurden, eine Reihe von Muskelempfindungen eingeschaltet wurde, und dass bei Umkehrung dieser Reihe von Muskelempfindungen eine Umkehrung auch der Tastempfindungen eintrat,

gelangt das Bewusstsein zur Vorstellung der räumlichen Koexistenz, und nur dann erscheinen dem Bewusstsein die Tastempfindungen räumlich; diese Räumlichkeit besteht aber wie ersichtlich in nichts anderem als in gewissen Bewegungsvorstellungen.

9. STUMPF hat eine ausführliche Kritik dieser Theorie gegeben und kommt hierbei zu folgenden Schlüssen:

»1.« »Es giebt Fälle, wo alle von BAIN bezeichneten Momente vorhanden sind, und doch nicht Raum vorgestellt wird.«

»2.« »Es giebt Fälle, wo nicht alle diese Momente vorhanden sind, und wir doch Raumvorstellung haben.« (STUMPF, Raumvorstellung. S. 54.)

Als Beispiel für diejenigen Fälle, in denen alle Bedingungen erfüllt sind und doch kein Raum vorgestellt wird, giebt STUMPF das Singen einer Reihe von Tönen *c*, *g*, *e*, *f*. Man erhält Muskelempfindungen (der Kehlkopfmuskeln) und eine Reihe von Tonempfindungen, die bei der Umkehrung der Bewegung sich auch umkehrt, bei ihrer Wiederholung sich wiederholt, und der auch keine bestimmte Schnelligkeit vorgeschrieben ist. Man hat also hier, nach STUMPF, alle Elemente, die, nach BAIN, die Raumvorstellung konstituieren, aber man hat die Raumvorstellung nicht.

Es ist aber, wie ich glaube, leicht zu sehen, dass dieses Beispiel nicht triftig ist. BAIN nimmt ja an, dass die Muskelempfindungen von drei verschiedenen Arten sein müssen (Widerstands,- Dauer- und Schnelligkeits-Empfindungen), damit sie zur Raumvorstellung führen können; es ist aber sehr zweifelhaft, ob man in demselben Sinne, wie für die Arm- und Augenmuskeln, auch für die Kehlkopfmuskeln die obigen drei Arten von Muskelempfindungen annehmen kann. Ferner ist noch eine Bedingung in dem Beispiele von STUMPF gar nicht erfüllt: in der Theorie von BAIN wird gefordert, dass, wenn wir zwei Gegenstände A und B haben, und wenn wir beide mit demselben Tastorgan (dem Finger z. B.) berühren wollen, wir dies nur so thun können, dass wir zwischen die Berührung von A und die Berührung von B eine (kontinuierliche) Reihe von Muskelempfindungen einschalten. Diese Bedingung ist aber von STUMPF übersehen worden, und sie wird auch in der That beim Singen von Tönen gar nicht erfüllt; denn wir können von dem Ton *c* zum Ton *f* auch sprungweise über-

gehen, ohne eine kontinuierliche Reihe von Muskelempfindungen zwischen beide einzuschieben.

Da STUMPF kein anderes Argument für seinen ersten Satz geliefert hat, so halte ich diesen Satz für unberechtigt.

10. Für die zweite Behauptung, dass es Fälle giebt, in denen nicht alle Bedingungen von BAIN erfüllt sind und doch Raumvorstellungen entstehen, glaubt STUMPF ein Argument im folgenden Versuch zu finden: man lege die Hand ruhig auf den Tisch und schliesse die Augen; wenn man jetzt die Hand mit einer kleinen Fläche und dann mit einer grösseren berührt, so hat man verschiedene Empfindungen, obgleich die Qualität, die Intensität und die Dauer der beiden Eindrücke gleich sein kann; und dieser Unterschied muss, nach STUMPF, ein Unterschied der Räumlichkeit der beiden Empfindungen sein. Auch dieses Argument erscheint mir ungenügend. Dass bei einem erwachsenen Individuum ein Unterschied in der Räumlichkeit ohne Bewegung eintritt, wird ja auch von der Theorie von BAIN nicht geleugnet; diese Fälle erklären sich mit Hülfe der Association oder, besser gesagt, mit Hülfe der konstanten Verbindung (J. ST. MILL), welche zwischen den Tastempfindungen und den Bewegungsempfindungen gebildet wird. Dass aber bei dem erwähnten Experiment auch für das unentwickelte Bewusstsein ein Unterschied hinsichtlich der Räumlichkeit vorhanden sein würde, ist nur eine Behauptung. Ein Anhänger der Theorie von BAIN könnte überdies einwenden, es sei nicht möglich, dass zwei Eindrücke wie die oben erwähnten qualitativ gleich seien, es bestehe an denselben immer ein gewisser qualitativer Unterschied. Letzteres müssen wir sogar behaupten, denn auch für das entwickelte Individuum scheinen die beiden Berührungen qualitativ verschieden zu sein.

Ich glaube aber doch, dass man im Sinne der oben an zweiter Stelle angeführten Behauptung STUMPF's gewisse Thatsachen gegen die Theorie BAIN's anführen kann, nämlich die Beobachtungen in Fällen von Hemisektion des Rückenmarks. (S. 157.) Wenn z. B. die rechte Hälfte des Dorsalmarkes durchschnitten wird, so wird das rechte Bein vollständig gelähmt, der Kranke kann es gar nicht bewegen, und wenn man es in irgend eine Stellung bringt, so weiss der Kranke gar nicht, wie es liegt, ob es im Knie gebogen oder ob es gestreckt ist. Alle Bewegungsempfindungen des rechten Beines

sind also verloren; andererseits ist aber der Raum- und Ortssinn des rechten Beines etwas erhöht; der Kranke giebt sofort mit Genauigkeit an, wo er berührt wird, und unterscheidet zwei Spitzen bei einer kleineren Distanz als der normalen. Es scheint mir, dass nach der Theorie von BAIN man neben der Erlöschung des Muskelsinnes eine Verminderung des Raumsinnes und der Lokalisationsschärfe erwarten müsste.

11. Die Hauptmängel der Theorie der englischen Empiristen sind, wie ich glaube, folgende: Sie erklärt nicht die grossen Verschiedenheiten in dem Raumsinne der verschiedenen Hautstellen. Wenn die Entfernung durch die Muskelempfindungen des betastenden Organs geschätzt wird, warum scheint denn, bei Berührung des Vorderarmes mit einer Zirkeldistanz von 30 mm, die Entfernung der beiden Punkte bedeutend kleiner zu sein, als die Entfernung zweier Punkte, die bei der Berührung der Hand mit derselben Distanz empfunden werden? Warum erscheint bei Berührung einer und derselben Hautstelle mit einer Linie und mit zwei Punkten die Linie länger?

Ferner müsste man nach der Theorie von BAIN erwarten, dass nach der Transplantation der Haut der Kranke nach einer gewissen Zeit die richtige Lokalisation erlerne. Die Beobachtung zeigt dagegen, dass noch ein Jahr nach der Operation die fehlerhafte Lokalisation besteht (S. 152), und dass die richtige Lokalisation nur durch neue Nervenfasern vermittelt werden kann.

Ebenso kann die Theorie von BAIN die Beobachtungen an Amputierten, besonders die Verkürzung der fehlenden Extremität (S. 149) und die Beobachtungen über die Aristotelische Illusion (S. 136) nicht erklären, und sie widerspricht den Resultaten der Versuche über die Lokalisation der Tasteindrücke mit Bewegung allein (S. 107 ff.).

Ich glaube, dass alle diese Gründe schon genügen, um die Undurchführbarkeit der Theorie von BAIN zu zeigen. — Von etwas abweichender Art ist die Theorie der psychischen Chemie.

12. Die Lehre von der psychischen Chemie wurde in England von HARTLEY entwickelt, in Deutschland ist sie von STEINBUCH[1]), DONDERS[2]) und WUNDT vertreten worden.

---

1) STEINBUCH, Beitrag zur Physiologie der Sinne. 1811. S. 40—43.

2) Archiv für Ophthalmologie. 1867. XIII.

Steinbuch erklärt die Bildung der Vorstellung des zweidimensionalen und dreidimensionalen Raumes durch die Verschmelzung, oder, wie er sagt, durch die chemische Mischung zweier oder mehrerer Bewegungsideen (= Muskelempfindungen); ebenso nimmt er eine chemische Mischung der Bewegungsideen mit den Tastempfindungen an, um die Raumvorstellung des entwickelten Bewusstseins zu erklären. Für die Tastempfindungen nimmt Steinbuch die Existenz lokaler Färbungen an, und man findet bei ihm eine Theorie der Lokalzeichen, die derjenigen von Lotze und von Wundt sehr ähnlich ist (S. 120—125. Ich bemerke, dass das Buch von Steinbuch im Jahre 1811 erschienen ist.)

Wundt hat an vielen Stellen über die Entstehung der Raumvorstellungen geschrieben[1]). Seine Theorie steht, nach ihm, in der Mitte zwischen der nativistischen und der empiristischen Theorie, denn einerseits sieht sie die Raumanschauung für keine angeborene Energie der Seele an, andererseits aber muss, nach ihr, die Raumanschauung denjenigen Vorgängen, die unter dem Begriff der Erfahrung zusammengefasst werden, vorausgehen: »Alle Erfahrung bezieht sich auf die Unterscheidung der Dinge, ihrer Eigenschaften und Zustände, auf die Verhältnisse der Abhängigkeit und Wechselbestimmung, in denen sich die Dinge von einander befinden. Der Bildung und Anwendung dieser Erfahrungsbegriffe muss aber notwendig die allgemeine räumliche Ordnung der Empfindungen vorangehen. Zeit und Raum, als die notwendigen Bedingungen der Erfahrung, können eben darum nicht selbst aus der Erfahrung stammen. Aber es ist nicht erlaubt, hieraus zu schliessen, wie es der Nativismus thut, dass Zeit und Raum angeborene Formen des Vorstellens seien. Zwischen der angeborenen Form und der empirischen Vorstellung giebt es ein Mittleres: die Entstehung eines psychischen Produktes

---

1) Wundt, Beiträge zur Theorie der Sinneswahrnehmungen. 1862. S. 26—65. — Vorlesungen über die Menschen- und Tierseele. 1. Aufl. 1863. Bd. I. S. 241—285; 2. Aufl. 1892. S. 160—181. — Neuere Leistungen auf dem Gebiete der physiologischen Psychologie. Vierteljahrsschr. für Psychiatrie. 1867. — Über die Entstehung räumlicher Gesichtswahrnehmungen. Philos. Monatshefte. Bd. III. — Sur la théorie des signes locaux. Rev. Philos. 1878. Bd. 6. S. 217—231. — Physiologische Psychologie. 4. Aufl. 1893. Bd. II. S. 32—46 u. 215—234. — Logik. 2. Aufl. 1893. Bd. I. S. 505—515. — Philosophische Studien. Bd. III. etc.

durch die Verwirklichung ursprünglicher Bedingungen der psychischen und geistigen Organisation. Von der empirischen Entwickelung unterscheidet sich eine derartige Entstehung wesentlich dadurch, dass es bei ihr nur auf innere Bedingungen der Vorstellungsbildung ankommt, denen gegenüber die äusseren Eindrücke nur die Bedeutung von Gelegenheitsursachen besitzen.« (Logik I. Bd. S. 509.) Diese inneren Bedingungen der Vorstellungsbildung, von denen WUNDT spricht, sind in dem Falle der Raumvorstellung die Verschmelzungen der Bewegungsempfindungen mit den Tast- (bez. Gesichts-) Empfindungen. Durch diese Verschmelzung entsteht die räumliche Ordnung der Empfindungen, also ein neues Produkt, welches weder in den Bewegungsempfindungen noch in den Tastempfindungen allein enthalten ist.

13. Die Tastempfindungen ändern sich von einer Hautstelle zur anderen; es giebt, nach WUNDT, für jede Tastempfindung ein gewisses Quale, ein Lokalzeichen, welches mit der Hautstelle sich verändert, welches aber für alle Tastempfindungen, die an einer Hautstelle hervorgerufen werden können, gleich ist. »Die Lokalzeichen der Haut bilden ein Kontinuum von zwei Dimensionen, welches damit die Möglichkeit gewährt, die Vorstellung einer Fläche zu entwickeln. Aber das Kontinuum der Lokalzeichen enthält an und für sich noch nichts von der Raumvorstellung. Wir nehmen daher an, dass diese erst durch die Rückbeziehung auf das Kontinuum der Bewegungsempfindungen entstehe. Diese geben in ihrer von dem Bewegungsumfang abhängigen intensiven Abstufung für die beiden Dimensionen des qualitativen Systems der Lokalzeichen ein gleichförmiges Maass ab und vermitteln so die Anschauung einer stetigen Mannigfaltigkeit, deren Dimensionen einander gleichartig sind.« »Diese eigentümliche Verbindung einerseits durch äussere Reize, andererseits durch centrale Innervation der Bewegungsorgane entstehender Empfindungen wollen wir als extensive Verschmelzung bezeichnen. Der Ausdruck Verschmelzung weist zunächst auf die Innigkeit der Verbindung der Elemente, sodann aber auch darauf hin, dass das entstandene Produkt neue Eigenschaften besitzt, die in seinen Bestandteilen noch nicht vorhanden waren. Analog wie bei dem Zusammenschmelzen zweier Metalle ein Körper mit neuen Eigenschaften entsteht: so liefert auch die extensive Verschmelzung als neues Produkt die räum-

liche Ordnung der in sie eingehenden Empfindungen.« (Physiol. Psych. 2. Bd. S. 37 und 38.)

14. Was endlich diese Verschmelzung zwischen den Tastempfindungen und den Bewegungsempfindungen betrifft, so wird sie von WUNDT folgendermaassen erläutert: »Jedes tastende Glied tritt nun mit einer bestimmten Hautprovinz in Reflexverbindung. Die lokalen Unterschiede der Empfindung werden in Folge dessen mit bestimmten Bewegungsempfindungen verknüpft werden, so dass für jede Hautprovinz ein, wenn auch vielleicht beweglicher Mittelpunkt existiert, auf den alle benachbarten Empfindungen bezogen werden. Es treten dann aber ferner die einzelnen Hautprovinzen mit einander in Verbindung, und durch diese erst, durch die gegenseitige Verknüpfung der anfangs aus einander fallenden Empfindungssysteme, wird die ganze Empfindungsmasse der Haut in ein System vereinigt werden.« (Menschen- und Tierseele. 2. Aufl. S. 173.)

Bei den Tastempfindungen spielen nach WUNDT die Lokalzeichen der Haut eine grössere Rolle als die Bewegungsimpulse; die Verschiedenheiten der Raumschwelle an verschiedenen Hautstellen werden daher durch die Verschiedenheiten in der Abstufung der Lokalzeichen von einer Hautstelle zu einer anderen erklärt.

Die Theorie von WUNDT kann, wie ich glaube, nicht die Beobachtungen der Aristotelischen Illusion erklären. Man müsste ja nach dieser Theorie erwarten, dass die Muskel- und Gelenkempfindungen, welche durch die Kreuzung der Finger hervorgerufen werden, mit den Tastempfindungen verschmelzen und auf diese Weise eine richtige Lokalisation der Tasteindrücke bewirken. Die Versuche ergeben das Gegenteil: man hat Muskel- und Gelenkempfindungen, denn man empfindet sehr deutlich, dass die Finger gekreuzt sind, und doch werden grosse Lokalisationsfehler (Fingerverwechselung) begangen. (S. 136.)

Ebenso stösst die Theorie von WUNDT auf eine Schwierigkeit, wenn man mit ihr die oben (S. 157) erwähnten Fälle der Hemisektion des Rückenmarks erklären will; man müsste erwarten, dass bei vollständigem Verlust der Bewegungsempfindungen eine Verminderung der Lokalisationsschärfe eintritt; die Beobachtung zeigt das Gegenteil. Entsprechendes gilt in Beziehung auf die Beobachtungen an Amputierten.

Wir sehen also, dass die Theorien dieser zweiten Gruppe nicht ausreichen; denn sie stehen im Widerspruch zu den Beobachtungen.

---

15. C. Die Tastempfindung hat im primitiven Bewusstsein kein Moment der Räumlichkeit; diese entsteht allmählich im Laufe der Entwickelung, sie ist aber durchaus nicht eine Zusammenstellung oder »chemische Mischung« unräumlicher Elemente.

Alle Autoren, welche über die Frage nach dem Ursprunge des räumlichen Momentes geschrieben haben, haben angenommen, dass nur zwei Möglichkeiten vorhanden sind: entweder kann man an einer Tastempfindung, welche das primitive Bewusstsein hat, ein Moment der Räumlichkeit unterscheiden, dieses ist also angeboren, oder eine solche Tastempfindung hat kein Moment der Räumlichkeit, und in diesem letzteren Falle entsteht diese Räumlichkeit im Laufe der Entwickelung als Resultat einer Zusammenstellung oder eines Zusammenwirkens unräumlicher Elemente. Man könnte aber, wie ich glaube, auch die Hypothese aufstellen, dass die Räumlichkeit zwar im Laufe der Entwickelung entstehe, dass sie aber keineswegs eine Zusammenstellung oder Resultierende unräumlicher Elemente, sondern ein selbständiges Moment der Tastempfindung sei.

Wenn wir ein neugeborenes Kind betrachten, so erscheint es uns sehr unbeholfen, auf eine Reizung einer Hautstelle reagiert es gewöhnlich nicht, und nur wenn diese Reizung stärker wird, so macht es manchmal unzweckmässige Bewegungen oder fängt an zu schreien. Dass es den Reiz mit irgend einer Bewegung lokalisiert, indem es z. B. die gereizte Hautstelle bewegt, kommt nicht vor. Man besitzt also absolut keinen Grund, um zu behaupten, dass die Empfindungen dieses primitiven Bewusstseins ein Moment der Räumlichkeit haben; und wenn dieses von mehreren Autoren behauptet worden ist, so ist es eine reine Hypothese, die nicht auf Beobachtungen, wie es eigentlich der Fall sein müsste, sondern auf theoretischen Überlegungen beruht.

Es steht also nichts der Annahme im Wege, dass die Tastempfindungen eines Neugeborenen keine Räumlichkeit haben, und dass diese Räumlichkeit nur mit der Zeit allmählich entsteht. Es giebt aber andererseits auch keine Beobachtungen, welche dieser Hypothese

eine grössere Wahrscheinlichkeit verleihen als den anderen Hypothesen.

Ich werde demgemäss hier eine Hypothese der angedeuteten Art nicht entwickeln, weil man sie beim jetzigen Zustande unserer Kenntnisse nicht durch Thatsachen begründen kann; ich wollte nur auf die Möglichkeit einer solchen Hypothese hinweisen.

16. Ich habe die Übersicht der verschiedenen Theorien über den Ursprung des räumlichen Momentes der Tastempfindungen beendigt. Wir haben gesehen, dass einige von diesen Theorien den Beobachtungen direkt widersprechen, die anderen dagegen sind so allgemein, dass man weder für sie, noch gegen sie Thatsachen anführen kann; diese letzten sind rein abstrakte Hypothesen, welche nur zur Selbstbefriedigung dienen können, nicht aber die Frage nach dem Ursprunge der räumlichen Momente irgendwie befördern.

II. Kapitel.

Biologisch-psychologische Skizze über die räumlichen Wahrnehmungen des Tastsinnes.

1. Wir haben im vorigen Kapitel die verschiedenen Theorien besprochen, welche über die Entstehung des räumlichen Momentes der Tastempfindungen aufgestellt worden sind; hier werden wir uns fragen, wie die verschiedenen Thatsachen, welche im I. Teil der Arbeit zusammengestellt sind, erklärt werden können. Wir werden also ein entwickeltes Individuum betrachten und die Frage nach dem Ursprunge des räumlichen Momentes wird für uns hier in den Hintergrund zurücktreten. Bevor wir aber zu den Erklärungsversuchen gelangen, wird es sich, wie ich glaube, empfehlen, die wichtigsten Thatsachen, die zu erklären sind, hier kurz zusammenfassend darzustellen; es wird dies das Nachschlagen des I. Teiles erleichtern.

Bei Berührung einer Hautstelle mit einem Gegenstande kann die Aufmerksamkeit des Individuums sich in zwei verschiedenen Richtungen bewegen:

1°) Das Individuum sucht vermittelst des Tastsinnes allein die räumliche Beschaffenheit des berührten Gegenstandes zu bestimmen, ohne Bewegungen auszuführen. — Raumsinn der Haut.

2°) Das Individuum richtet die Aufmerksamkeit auf die Hautstelle, welche berührt ist, und sucht die Hautstelle zu bestimmen. — Lokalisation der Tasteindrücke.

2. Raumsinn der Haut. Die Beobachtungen lehren, dass man, ohne eine Bewegung zu machen, vermittelst des Tastsinnes allein die räumliche Beschaffenheit des berührenden Gegenstandes erkennen kann. Der einfachste Fall ist die Erkennung einer linearen Ausdehnung. Wir haben hier also zunächst zu betrachten die Fälle der

Berührung mit zwei Punkten, mit einer Reihe von Punkten, mit einer Linie und die Bewegung eines Punktes auf der Haut.

Die Beobachtung zeigt, dass die lineare Ausdehnung der Berührung eine gewisse Grösse übersteigen muss, damit sie durch den Tastsinn wahrgenommen wird. Diese Grösse wird Schwelle genannt. Die Schwelle ist auf verschiedenen Hautstellen verschieden, sie ist am kleinsten an der Zunge, den Fingern, den Lippen, am grössten am Oberarme, Rücken, Oberschenkel.

Die Schwelle wird durch die Übung kleiner, durch die Ermüdung (geistige) grösser, und zwar sind diese Einflüsse am deutlichsten an denjenigen Stellen merkbar, an denen die Schwelle am grössten ist. Die Einübung einer Hautstelle verkleinert die Schwelle nicht nur auf dieser Hautstelle, sondern auch auf anderen Stellen des Körpers.

Die Schwelle ist bei Blinden kleiner als bei Sehenden, bei Kindern kleiner als bei Erwachsenen, und zwar auf der ganzen Körperoberfläche.

Äussere Bedingungen, wie Temperatur, Reizung der Haut, äusserliche Applikation von toxischen Substanzen, ebenso auch innerliche Anwendung solcher können die Schwelle beeinflussen. Bei Erkrankungen des Nervensystems kann die Schwelle gleichfalls vergrössert oder verkleinert werden.

Wenn man die verschiedenen Fälle, in denen eine lineare Ausdehnung wahrgenommen wird, unter einander vergleicht, so findet man folgendes:

Bei Berührung einer Hautstelle mit zwei Spitzen, deren Entfernung grösser als die Schwelle ist, erscheint die Distanz der beiden Punkte umso kleiner, je grösser auf der betreffenden Hautstelle die Schwelle ist; z. B. eine und dieselbe Distanz von 30 mm erscheint am Vorderarme kleiner als an der Hand, und die Schwelle am Vorderarme ist grösser als an der Hand.

Die Schwelle für eine Linie ist kleiner als die für zwei Punkte. (S. 52.) Wenn man eine Hautstelle zuerst mit zwei Spitzen berührt, deren Entfernung grösser als die Schwelle ist, und dann mit einer Linie, die dieselbe Länge hat, wie die Distanz der Spitzen, so scheint die Linie kleiner zu sein, als die Distanz der Punkte (S. 86).

Die Schwelle für die Bewegung eines Punktes auf der Haut ist kleiner als die Schwelle für zwei Punkte (S. 55). Wenn man eine

Hautstelle zuerst mit zwei Spitzen berührt und dann eine Spitze von einem Punkte zum andern führt, so erscheint die durchlaufene Strecke kleiner als die Distanz der beiden Punkte, und sie erscheint umso kleiner, je schneller die Bewegung ist (S. 86).

Die Schwelle bei simultaner Berührung mit zwei Spitzen ist viel grösser als bei successiver Berührung (S. 49).

Die Untersuchungen von A. Stern und Féré haben gezeigt, dass zwischen den Papillenreihen an den Fingern und der Schwelle eine gewisse konstante Beziehung besteht (S. 44).

Bei Berührung einer Hautstelle mit einer Spitze empfindet man manchmal zwei Punkte, welche meistens qualitativ verschieden erscheinen. Diese Trugwahrnehmung wird durch die Erwartung stark beeinflusst. Sie kommt in einigen Rückenmarkskrankheiten und bei Vergiftungen oft vor und wird in diesen Fällen mit dem Namen Polyästhesie bezeichnet.

Endlich bezüglich des Aristotelischen Versuchs haben wir folgendes gefunden: wenn man zwei Finger kreuzt und dann jeden von beiden mit einer Spitze berührt, so empfindet man zwei Punkte, deren Entfernung um so grösser erscheint, je kleiner die wirkliche Distanz der beiden Spitzen ist, und ausserdem findet eine Umkehrung statt, d. h. der rechte Punkt erscheint links, der linke rechts (S. 66—84).

Was die Wahrnehmung der Flächenausdehnung betrifft, so fehlen darüber noch systematische Untersuchungen.

3. Lokalisation der Tasteindrücke. Es giebt für ein normales Individuum drei Arten, den berührten Ort der Körperoberfläche zu bestimmen:

1°) Indem man diese Stelle selbst mit dem Finger aufsucht.

2°) Indem man sie sich visuell vorstellt.

3°) Indem man sie mit Worten beschreibt.

1°) Wenn man die Lage einer punktförmigen Berührung mit dem Finger oder mit Hülfe eines Stiftes zu lokalisieren sucht, so begeht man gewöhnlich Fehler; diese Lokalisationsfehler sind an verschiedenen Hautstellen verschieden gross, aber an jeder Hautstelle sind sie kleiner als die Schwelle für zwei Punkte an der betreffenden Stelle (S. 93). Bei der Lokalisation einer Berührung am Vorderarme begeht man meistens Fehler in der Längsrichtung des Armes und gewöhnlich in der Richtung zum Handgelenke. Wenn man zwischen

der Berührung und der Lokalisation ein Zeitintervall einschiebt, so werden die Fehler grösser; eine Ablenkung der Aufmerksamkeit während dieses Intervalls vergrössert noch die Lokalisationsfehler.

Um den berührten Punkt sich zu merken, macht man gewöhnlich von zwei Hülfsmitteln Gebrauch: man merkt sich die Qualität des Tasteindrucks und man sucht sich möglichst genau die Lage des Punktes visuell vorzustellen. Beim Aufsuchen des Punktes verwendet man gleichzeitig beide Hülfsmittel (S. 104).

Man kann die Versuchsperson auffordern, den berührten Punkt nicht selbst zu berühren, sondern ihn bei geschlossenen Augen mit dem Zeigefinger nur zu zeigen, das heisst den Zeigefinger der unberührten Hand so zu stellen, dass dessen Spitze 1—2 cm über dem berührten Punkte zu liegen scheint. Bei dieser Lokalisation mit Bewegung allein werden viel grössere Fehler begangen (bis 10 cm auf der Hand); diese Fehler sind auf den Fingern ebenso gross wie auf dem Vorderarme (S. 109).

2°) Wenn man die Versuchsperson bittet die Lage der Berührung auf einer Photographie oder einem Gypsmodell des betreffenden Körperteiles zu zeigen, so werden wieder gewisse Lokalisationsfehler begangen. Diese Fehler sind auf verschiedenen Hautstellen verschieden gross. Für einen und denselben Punkt sind bei Wiederholung des Versuchs die Fehler gewöhnlich in einer konstanten Richtung begangen. Diese konstante Richtung ist durch den Vorgang der visuellen Lokalisation bedingt; man sucht nämlich die Lage des Punktes möglichst genau in Bezug auf die umgebenden Hautstellen zu bestimmen, deswegen stellt man sich vor die Entfernung des berührten Punktes zu gewissen hervorragenden Hautstellen (Leisten, Knöchel, Ränder etc.); diese Entfernung wird zu klein vorgestellt, d. h. der Punkt wird zu nahe an diese Anhaltspunkte lokalisiert (S. 120).

Bei Berührung eines Punktes der Finger (Zeige-, Mittel- oder Ringfinger), unter der Bedingung, dass die Versuchsperson keine Bewegung mit der berührten Hand ausführt, kommt es nicht selten vor, dass die Versuchsperson die Lage des Punktes auf dem Finger sofort genau sich vorstellt, in Bezug auf den Finger aber eine gewisse Unsicherheit fühlt; es wird sogar manchmal ein falscher Finger angegeben (S. 127).

Wenn man zwei Finger wie für den Aristotelischen Versuch

kreuzt und bei Berührung eines Punktes auf einen der beiden Finger die Versuchsperson auffordert, diesen Punkt auf einer Zeichnung der gekreuzten Finger zu zeigen, so zeigt die Versuchsperson den korrespondierenden Punkt des unberührten Fingers; es werden also von der Versuchsperson die Finger verwechselt (S. 136). Diese Verwechselung findet auch bei Blinden statt, wenn man diese auffordert, die Lage des berührten Punktes mit Worten zu beschreiben.

4. Was endlich die Beobachtungen aus der Physiologie und Pathologie betrifft, so hebe ich besonders folgendes hervor:

Ein enthauptetes Tier macht bei Reizung einer Hautstelle Lokalisationsbewegungen mit dem Beine der betreffenden Seite; wenn man dieses Bein abschneidet, so macht das gehirnlose Tier die Lokalisationsbewegung mit dem anderen Beine. Diese Lokalisationsbewegungen sind also reflektorischer Art; sie sind aber sehr ungenau (S. 142).

Wird eine sensorische Nervenbahn, die Empfindungen des Haut- oder Muskelsinnes dient, in irgend einem Punkte ihres Verlaufes gereizt, so hat man Empfindungen, welche im peripheren Ausbreitungsgebiete der betreffenden Nervenbahn lokalisiert werden; es ist dies das Gesetz der excentrischen Projektion (S. 144). Die Empfindungen, welche bei der Reizung einer Nervenbahn in irgend einem Punkte ihres Verlaufes entstehen, sind sehr mannigfaltig; bald sind es Empfindungen, die mit den Empfindungen bei Reizung der peripheren Endigungen des Nerven identisch sind, bald aber hat man Empfindungen, die nie peripher entstehen. In beiden Fällen werden aber diese Empfindungen nach der Peripherie projiciert (S. 145).

Die Amputierten haben mehrere Jahre noch nach der Amputation Empfindungen in dem fehlenden Körperteile; diese Empfindungen sind sehr mannigfaltig; sie werden durch eine mechanische oder eine elektrische Reizung des Amputationsstumpfes verstärkt; eine Cocaïneinspritzung in den Amputationsstumpf löscht sie aus (S. 149).

Die Empfindungen der Amputierten werden in den extremsten Teilen des fehlenden Gliedes lokalisiert; bei Amputation des Armes in den Fingern und der Hand, bei Amputation des Beines in den Zehen und im Fuss. Bei der Lokalisation der Empfindungen im amputierten Körperteile wird dieser gewöhnlich verkleinert vorgestellt (S. 150).

In Fällen der Rhinoplastik, in denen eine neue Nase aus einem Hautstück der Stirn gebildet wird, lokalisiert der Kranke jede Berührung der neuen Nase auf der Stirn. Nur nachdem neue Nervenfasern in das überpflanzte Hautstück hineinwaehsen, wird die Lokalisation riehtig. Es kommen Fälle vor, wo noeh ein Jahr nach der Transplantation die Lokalisationsfehler begangen werden (S. 151).

In Fällen der Nervendurchtrennung, in denen eine Anästhesie gewisser Hautbezirke eintritt, kann mehrere Woehen naeh der Operation der Nervennaht die Sensibilität wiederhergestellt werden, und dabei wird die Lokalisationsfähigkeit wieder normal (S. 153).

Bei Erkrankungen der Nervencentra und aueh bei Krankheiten der inneren Organe beobaehtet man manehmal eine Herabsetzung der Lokalisationsfähigkeit auf gewissen Hautstellen; auf diesen Hautstellen findet gewöhnlieh eine Verminderung der Tastempfindliehkeit statt. Es kommen aber aueh Fälle vor, in denen der Raumsinn der Haut allein vergrössert wird und die Lokalisationsfähigkeit normal bleibt oder umgekehrt (S. 157).

Bei Hemisektion des Rüekenmarks tritt auf der verletzten Seite unterhalb der Wunde eine vollständige Muskellähmung ein, die kinästhetisehen Empfindungen dieser Seite sind vollständig erloschen. Die Tastempfindliehkeit dieser Seite ist dagegen etwas erhöht, die Sehwelle des Raumsinnes und die Lokalisationsfähigkeit sind entweder normal oder verfeinert.

Bei Rüekenmarkskrankheiten kommt manehmal eine Abnormität in der Lokalisation der Tasteindrüeke vor: die Berührung eines Punktes der reehten Seite wird auf der korrespondierenden Stelle der linken Seite lokalisiert, und umgekehrt; diese Abnormität wird Alloehirie genannt (S. 156).

5. Diese Beobaehtungsresultate reiehen lange nicht aus, um eine vollständige Beantwortung aller Fragen, die sich über die Raumwahrnehmungen im Gebiete des Tastsinnes erheben, zu liefern. Wir haben sehon im ersten Teile auf eine Anzahl von Lüeken hingewiesen. Ieh glaube, dass eine befriedigende Theorie nur nach der experimentellen Beantwortung aller dieser Fragen aufgestellt werden kann; man kann wohl sehon jetzt Hypothesen aufbauen, um diese Thatsachen zu erklären, aber diese Hypothesen werden sehr viel Willkürliches enthalten und deshalb keinen grossen Wert haben.

Es besteht in der experimentellen Psychologie eine Tendenz, alles erklären zu wollen, sich mit wenigen Beobachtungen zu begnügen und das Hauptgewicht auf die Theorie zu legen. Ich glaube, dass die experimentelle Psychologie soviel wie möglich vor unbegründeten Theorien und Hypothesen sich hüten muss, und dass jetzt die Hauptaufgabe derselben eine systematische Sammlung von Beobachtungen ist. Was die hier behandelte Frage nach den Raumwahrnehmungen im Gebiete des Tastsinnes betrifft, so haben wir gesehen, dass zwei Hauptfragen einer theoretischen Beantwortung bedürfen.

Die erste dieser Hauptfragen bezieht sich auf den Ursprung und die Entwickelung des räumlichen Momentes der Tastempfindungen. Wir haben zu zeigen versucht, dass die existierenden Theorien sehr wenig, und oft gar nicht, sich auf Beobachtungen stützen; einige von ihnen schreiben dem neugeborenen Kinde besondere angeborene Fähigkeiten zu, machen also eine Annahme, welche man jetzt weder bejahen noch verneinen kann; andere Theorien suchen das räumliche Moment aus unräumlichen Elementen aufzubauen, widersprechen aber dabei direkt den Thatsachen und sind deswegen unhaltbar. Man sieht also, wie viel willkürliche und unbegründete Hypothesen für die Beantwortung der ersten Hauptfrage zur Zeit noch gemacht werden müssen. Aus diesem Grunde habe ich selbst keine Theorie aufgestellt.

Die zweite Hauptfrage bezieht sich auf die theoretische Erläuterung der Thatsachen, die über die Raumwahrnehmungen im Gebiete des Tastsinnes bei normalen Individuen erhalten worden sind. Wir werden jetzt sehen, in wieweit die bisher aufgestellten Theorien zur Erklärung dieser Thatsache ausreichen.

6. Die erste Theorie ist von E. H. Weber aufgestellt worden; es ist die Theorie der Empfindungskreise. Die Beobachtungen über die Wahrnehmung zweier Punkte auf der Haut und die Thatsachen der Externalisation der Empfindungen führten Weber, unter dem Einflusse von J. Müller, zur Annahme, dass die Seele eine gewisse Fähigkeit habe die Empfindungen räumlich zu ordnen, und dass die Empfindungen für diese räumliche Ordnung eine gewisse Veranlassung geben müssen. Weber nahm also an, dass jeder Nervenast in der Haut sich verästelt und daher einen kleinen Hautbezirk mit Nervenfasern versorgt. Wenn man irgend einen Punkt dieses

Hautbezirkes (Empfindungskreises) berührt, so erhält man eine Empfindung, die an einem und demselben Orte lokalisiert wird; bei Berührung zweier Punkte eines Empfindungskreises erhält man die Empfindung eines Punktes. Wenn man dagegen zwei verschiedene Empfindungskreise mit je einer Spitze berührt, so empfindet man zwei Punkte, und damit man ein Intervall zwischen den beiden Punkten wahrnehme, müssen die beiden berührten Empfindungskreise durch unberührte Empfindungskreise getrennt sein. Die Grösse und Gestalt der Empfindungskreise variiert mit den Hautstellen; dadurch erklärt Weber die Verschiedenheiten der Schwellenwerte an verschiedenen Hautstellen. Was die Wahrnehmung der Entfernung zweier Punkte betrifft, so sagt Weber folgendes: »Die Empfindung, die ein jeder solcher Empfindungskreis hervorbringt, erweckt in uns die Vorstellung von einem Raumelemente. Die dunkle Erinnerung, wie viel unberührte Empfindungskreise (auf welchen wir schon oft Empfindungen gehabt haben) zwischen den berührten Empfindungskreisen der Haut liegen, erweckt in uns die Vorstellung von einem Zwischenraume, der uns um so grösser zu sein scheint, je mehr unberührte Empfindungskreise von dem Zirkel überspannt werden. Nach dieser Ansicht würde die Erscheinung, dass uns der Abstand der Zirkelspitzen an den Armen und Beinen grösser zu sein scheint, wenn sie eine quere Lage haben, als wenn sie in der Länge dieser Glieder liegen, so zu erklären sein, dass die Empfindungskreise daselbst eine längliche Gestalt haben, und dass daher ein Zirkel weniger Empfindungskreise überspannt, wenn er sie in der Längenrichtung, als wenn er dieselben in querer Richtung überspannt.«

7. Diese Theorie der Empfindungskreise ist oft kritisiert worden; sie wird aber bis jetzt von den meisten Physiologen vertreten, oft in der ursprünglichen Form von Weber, manchmal auch mit den Modifikationen von Meissner oder von Czermak. Ich werde hier nicht auf diese Modifikationen eingehen, denn die Theorie der Empfindungskreise kann bei dem jetzigen Stande unserer Kenntnisse nicht verteidigt werden. Erstens widerspricht sie den histologischen Untersuchungen über die Verbreitung der Nervenfasern in der Haut (siehe Kallius [246]) und den Beobachtungen über die Veränderung der Sensibilität bei Durchtrennung der Nervenäste (Sherrington u. A.), aus denen folgt, dass jede Hautstelle von Nervenfasern versorgt wird,

die von verschiedenen Nervenästen ausgehen. Zweitens widerspricht die Theorie der Empfindungskreise den Beobachtungen über die Wahrnehmung linearer Ausdehnungen auf der Haut, die wir oben zusammengestellt haben. Endlich kann diese Theorie nicht erklären, warum bei Kreuzung der Finger eine Verwechselung der Finger stattfindet. Wir gehen daher nicht näher auf diese Theorie ein.

8. Die zweite Theorie, welche den Zweck hat die Thatsachen zu erläutern, ist die Theorie der Lokalzeichen. In ihren Hauptzügen ist diese Theorie schon von Steinbuch entwickelt worden, dann aber am vollständigsten von Lotze und von Wundt durchgeführt worden. Nach dieser Theorie wird angenommen, dass die Empfindung, welche durch die Reizung eines Punktes der Haut entsteht, eine gewisse von der Qualität der Empfindung unabhängige »lokale Färbung« hat; dieses »Lokalzeichen« verändert sich von einer Hautstelle zur andern und spielt bei der Lokalisation der Tasteindrücke und bei den Raumwahrnehmungen vermittelst des Tastsinnes eine grosse Rolle. »Da nun die spätere Lokalisation eines Empfindungselementes in der räumlichen Anschauung unabhängig ist von seinem qualitativen Inhalt, so dass in verschiedenen Augenblicken sehr verschiedene Empfindungen die gleichen Stellen unseres Raumbildes füllen können, so muss jede Erregung vermöge des Punktes im Nervensystem, an welchem sie stattfindet, eine eigentümliche Färbung erhalten, die wir mit dem Namen ihres Lokalzeichens belegen wollen.« (Lotze, Mediz. Psych. S. 331.)

Da die Beobachtungen des täglichen Lebens zeigen, dass die Lokalisation der Tasteindrücke unmittelbar und sehr schnell erfolgt, so schliesst Lotze, dass die Lokalzeichen für uns unbewusst sind. »Die räumliche Lokalisierung gehört daher hier demjenigen zu, was die Seele unbewusst vermöge der Mechanik ihrer inneren Zustände leistet, und diese Leistung ist einer bewussten Vervollkommnung nur ebenso fähig, wie ja alle Bewegungen uns früher als determinierte Folgen unserer inneren Zustände erschienen, nicht erzeugbar, aber wesentlicher Verfeinerung durch die bewusste Lenkung der Seele zugänglich.« (Mediz. Psych. S. 337.)

Was die Natur der Lokalzeichen selbst betrifft, so sucht Lotze und auch Wundt, sie durch die Eigentümlichkeiten der Struktur der Haut zu erklären; es ist der Reichtum an Nervenfasern von Ein-

fluss, dann spielt die Irradiation des Eindrucks in der Haut eine gewisse Rolle, endlich nimmt LOTZE an, dass »jede einzelne Hautstelle in ihrer beständigen Struktur Motive enthält, um deren willen sie gleiche Eindrücke anders als die übrigen Stellen in sich verarbeitet.«

»Jeder Hautpunkt *a*, wenn er allein gereizt wird, erregt eine Summe von Empfindungen und Mitempfindungen und unterscheidet sich durch sie von der Stelle *b*, die, weil sie anders liegt und gebaut ist, auch andere Mitempfindungen erweckt. Werden zwei naheliegende Hautpunkte zugleich gereizt, so fallen die Irradiationskreise ihrer Wirkungen grossenteils zusammen und die Möglichkeit, beide Empfindungen zu scheiden, beruht nur noch auf dem Teile ihrer Nebenwirkungen, den jeder für sich ausübt. Auf Hautstrecken, deren Struktur in grösserer Ausdehnung sehr gleichförmig ist, wie dies auf dem Arme, dem Beine, der Brust, dem Rücken der Fall ist, wird man die Zirkelspitzen weit entfernen müssen, um zwei Punkte zu finden, deren Umgebung hinlänglich different ist, um ihnen die zur Unterscheidung nötige Verschiedenheit der Nebenempfindungen zu verschaffen.« (Mediz. Psych. S. 409.)

Diese Lokalzeichen dienen, nach LOTZE, zur Lokalisation der Tasteindrücke beim Sehenden insofern, als sie das Gesichtsbild der berührten Hautstelle hervorrufen; beim Blinden rufen sie gewisse Muskelgefühle hervor. »Durch alle die anatomisch-physiologischen Mittel der Lokalisation ist aber zunächst nichts anderes zu leisten, als dass der Sehende jede Hautstelle um der besonderen Schattierung ihrer Empfindung willen in das ihm schon bekannte Raumbild seines Körpers einordnet; der Blinde empfindet sie vorläufig nur als verschieden von anderen.« (Med. Psych. S. 420.)

Wir haben schon im vorigen Kapitel gezeigt, wie LOTZE mit Hülfe seiner Theorie der Lokalzeichen die Externalisation der Empfindungen zu erklären versucht.

Die Theorie der Lokalzeichen ist nicht im Stande, eine Anzahl von Beobachtungen zu erklären, und widerspricht sogar direkt einigen von ihnen. So wird z. B. in dieser Theorie hervorgehoben, dass man die Lokalzeichen zweier benachbarten Punkte der Haut leichter vergleichen kann, wenn sie successiv erscheinen, als wenn sie simultan gegeben sind; daraus erklärt es sich, dass bei successiver Berührung mit zwei Spitzen die Schwelle kleiner ist als bei gleichzeitigem 9.

Aufsetzen der Spitzen. Andererseits hat man bei Berührung mit einer Linie einen stetigen Übergang der Lokalzeichen von einem Ende bis zum anderen. Man müsste demnach nach dem Vorigen erwarten, dass die Schwelle für eine Linie noch grösser als für zwei Punkte bei simultaner Berührung sei. Die Beobachtung zeigt aber, dass die Schwelle für die Linie kleiner ist.

Noch weniger entspricht die Theorie der Lokalzeichen den Beobachtungen über die Lokalisation punktförmiger Berührungen bei Kreuzung der Finger. Wenn man nämlich den Mittel- und den Ringfinger kreuzt und dann einen Punkt des Mittelfingers berührt, so lokalisiert man die Berührung auf der korrespondierenden Stelle des Ringfingers, und umgekehrt wird jede Berührung des Ringfingers auf dem Mittelfinger lokalisiert; hier lässt uns die Theorie der Lokalzeichen vollständig im Stich.

Viele Autoren haben die Existenz der Lokalzeichen für den Tastsinn angenommen. Manchmal hat man den Begriff derselben etwas modificiert und hat in den Bewegungsempfindungen oder Bewegungsimpulsen die Natur der Lokalzeichen gesehen (englische Empiristen, Külpe). Wir haben aber schon früher (S. 107 u. 114) gesehen, dass diese Annahme durchaus zu verwerfen ist, und dies war auch der Hauptmangel der Theorie der englischen Empiristen (S. 192).

Wir sehen also, dass die zwei Hauptgruppen von Theorien, welche die Thatsachen zu erklären versuchen, viele von diesen Thatsachen nicht erklären und manchen von ihnen widersprechen.

Skizze einer eigenen Theorie.

10. Ich werde jetzt versuchen festzustellen, was man aus den Thatsachen Sicheres über den Vorgang der Raumwahrnehmungen im Gebiete des Tastsinnes schliessen kann.

Wenn wir zuerst den Vorgang der Lokalisation eines Tasteindrucks betrachten, so lehrt uns die tägliche Erfahrung, dass wir bei Reizung einer Hautstelle meistens ganz automatisch die gereizte Stelle mit unserem Finger berühren. Die Lokalisation geschieht in diesem Falle so automatisch und unmittelbar, dass wir sie gewöhnlich ausführen, ohne darauf speziell unsere Aufmerksamkeit zu richten, ohne dabei ein deutliches Bild von der gereizten Hautstelle zu haben und ohne

zu überlegen, wo eigentlich der Reiz liegt; wir sind meistens während dieser Lokalisationen mit anderen Dingen beschäftigt. Wenn z. B. Jemandem, während er eifrig arbeitet, sich eine Fliege auf das rechte Ohr setzt, so greift er ganz automatisch, ohne mit dem Arbeiten aufzuhören, mit seiner Hand zum rechten Ohr, dabei denkt er gewöhnlich gar nicht an das Ohr und stellt es sich auch nicht visuell vor. Wir müssen also annehmen, dass es Lokalisationen giebt, die ganz automatisch vor sich gehen, und diese automatische Lokalisation existiert nicht nur bei Erwachsenen, man beobachtet sie auch sehr deutlich bei ganz kleinen Kindern.

11. Wenn man diesen automatischen Lokalisationsvorgang näher analysiert, so findet man, dass er aus zwei Hauptbestandteilen besteht: der Lokalisationsbewegung des tastenden Fingers und der Berührungsempfindung, welche von diesem Finger an der gesuchten Hautstelle hervorgerufen wird. Von diesen beiden Vorgängen ist der erste (Lokalisationsbewegung) hauptsächlich vom Rückenmarke abhängig, er ist reflektorisch, wie auch die Beobachtungen an enthaupteten Tieren beweisen. Es existiert also im Rückenmarke eine gewisse, bis jetzt noch nicht näher bekannte, anatomisch-physiologische Einrichtung, in Folge welcher ein peripherer Reiz reflektorische Bewegungen hervorruft, die ein Tastorgan in die Nähe der gereizten Stelle bringen; diese Einrichtung ist als angeboren anzusehen. Aber die Lokalisationsbewegungen allein führen zu einer sehr ungenauen Lokalisation, die im täglichen Leben nicht ausreichen kann. Die grössere Genauigkeit der Lokalisation eines Tasteindrucks wird durch den zweiten Hauptfaktor (Berührungsempfindung) erreicht, und dieser Faktor hängt von höheren Nervencentren ab. Man weiss ja, dass die Regulierung der Reflexbewegungen durch sensorische Reize nur dann besteht, wenn dem Tiere ausser dem Rückenmarke noch höhere Centren intakt gelassen worden sind. Man erinnere sich hier z. B. an die Bewegungen, welche im Falle der Berührung mit einer glühenden Kohle einerseits bei einer Schlange mit Grosshirn, andererseits bei einer solchen ohne Gehirn auftreten. (S. Exner, Entwurf zur physiolog. Erklärung psychischer Vorgänge. S. 120.)

12. Wir lokalisieren gewöhnlich mit dem Finger, also mit einem Tastorgan, welches eine grössere Berührungsfläche hat; die Lokalisationsbewegung bringt ihn in die Nähe der gereizten Stelle, und es

wird eine benachbarte Hautstelle mit dem Finger berührt. Ganz automatisch bewegen wir nun den Finger so lange, bis er die gereizte Hautstelle trifft, und dieses Treffen der gesuchten Stelle wird noch dadurch erleichtert, dass der berührende Finger eine grössere Fläche hat. Was uns aber dazu drängt, den Finger von der benachbarten Hautstelle in der Richtung zur gesuchten zu bewegen, lässt sich nicht mit Sicherheit sagen. Es scheint, dass der Vorgang ein solcher ist, welcher auf Grund der sehr zahlreichen Wiederholungen automatisch geworden ist, dass aber ursprünglich ein unerfahrenes Kind den tastenden Finger planlos hin und her bewegt, bis es den gereizten Punkt trifft. Die häufige Wiederholung solches rein zufälligen Treffens führt zu den geordneten Bewegungen des Fingers von einer Hautstelle zu einer anderen.

Die zweite Frage, die sich hier erhebt, ist folgende: wie erkennen wir denn, dass der tastende Finger nicht die gereizte Hautstelle, sondern eine andere benachbarte getroffen hat? Der Reiz, den man lokalisiert, wird gewöhnlich von irgend einem äusseren Objekt ausgeübt und wir suchen durch den tastenden Finger dieses Objekt zu beseitigen. Solange es aber nicht beseitigt ist, schliessen wir, dass die gesuchte Hautstelle noch nicht getroffen wurde. Man kann auf die vorige Frage antworten, dass wir es dadurch erkennen, dass die Berührungsempfindung, welche durch den tastenden Finger hervorgerufen wird, sich nicht mit der Empfindung, die durch den Reiz entsteht, deckt. Wenn wir uns physiologisch ausdrücken, so sagen wir, dass der äussere Reiz eine gewisse Erregung hervorruft, die sich in ein gewisses Nervengebiet fortpflanzt; wir bezeichnen dieses Nervengebiet mit A; der tastende Finger berührt eine benachbarte Stelle, es pflanzt sich also eine Erregung in ein anderes Nervengebiet B fort. Solange die beiden Nervengebiete A und B verschieden sind, hat man verschiedene Empfindungen, auch wenn der Reiz und die Erregung in beiden Fällen völlig gleich sind. Sobald aber die beiden Gebiete A und B wenig oder gar nicht von einander abweichen, wird man einen physiologischen Thatbestand haben, welchem die Erkennung, dass beide Reize an einem und demselben Orte stattfinden, korrespondiert.

13. Wenn wir jetzt den komplizierten Fall betrachten, in welchem ein Hautreiz entsteht, und das Individuum seine A u f m e r k s a m k e i t

der Tastempfindung zuwendet, so entwickelt sich in der Mehrzahl der Fälle bei dem Sehenden ein Gesichtsbild, welches über die räumliche Beschaffenheit des Reizes Auskunft giebt; aber dieses Gesichtsbild begleitet nicht notwendig die Tastempfindung, auf welche man die Aufmerksamkeit richtet. Wenn das Individuum die Lage des Reizes auf der Körperoberfläche bestimmen will, so thut es dies am einfachsten in der Weise, dass es diesen Ort mit seinem Finger (oder einem anderen Tastorgane) zu berühren sucht, es ist dies die oben besprochene automatische Lokalisationsart mit dem Unterschiede, dass die Aufmerksamkeit des Subjektes auf die Lokalisation gerichtet ist, dass letztere, wie man sagt, willkürlich ausgeführt wird. Dadurch werden die Bewegungen geordnet und die Lokalisation genauer. Wir sahen, dass bei dieser willkürlichen Lokalisation das Individuum gewisse sekundäre Hülfsmittel brauchen kann, es sind solche die Gesichtsbilder, die genaue Beachtung der Tastqualität, die Schätzung der Entfernung des berührten Punktes zu gewissen hervorragenden Stellen der Haut u. dergl. m., aber die Grundlage dieser Lokalisation bleibt immer dieselbe wie in der automatischen Lokalisation, die wir oben besprochen haben.

14. Nun kann aber das Individuum den Ort der Reizung auch vermittelst des visuellen Bildes oder der Beschreibung mit Worten bestimmen. Es ist leicht zu sehen, dass diese Lokalisationsmethoden sekundären Ursprungs sind; denn sie beruhen auf Associationen, die sich zwischen den Tastempfindungen und den Gesichtsbildern oder den Wortbezeichnungen gebildet haben. Ob diese Associationen direkt oder vermittelst des ersten Lokalisationsvorganges (Lokalisation mit Berührung) entstanden sind, lassen wir dahingestellt. Wir können aber behaupten, dass die Übung für diese Associationen von grosser Bedeutung ist. Es ruft z. B. die Reizung einer Nervenbahn des Tastsinnes in irgend einem Punkte ihres Verlaufes eine gewisse Tastempfindung hervor, welche mit einer Gesichtsvorstellung oder einer Wortbezeichnung verbunden ist. Diese Gesichtsvorstellung bezieht sich aber auf das periphere Ende der Bahn und zwar auf diejenige Lage dieses peripheren Endes, welche im täglichen Leben oft vorgekommen ist. Wenn nun das periphere Ende der Nervenbahn in irgend eine ungewöhnliche Lage gebracht wird, so kommt diese ungewöhnliche Lage im Gesichtsbild gar nicht zur Geltung.

Ich gebe einige Beispiele. Man berühre z. B. einen Punkt des Endgliedes des Mittelfingers; das Individuum, welches die Aufmerksamkeit auf die Lage der Berührung richtet, hat eine gewisse Gesichtsvorstellung, die hauptsächlich das Endglied eines Fingers enthält, aber daneben auch, allerdings viel dunkler, die relative Lage dieses Endgliedes zur Hand und überhaupt zum eigenen Körper. Diese Gesichtsvorstellung wird modificiert, wenn man die Hand ausstreckt oder biegt, wenn man den Finger ausstreckt oder in den Gelenken biegt. Überhaupt wird jede willkürliche Veränderung in der Stellung des Fingers eine gewisse Modifikation des Gesichtsbildes mit sich bringen, und nur wenn der Finger in eine ungewöhnliche, selten im Leben vorkommende Lage gebracht wird, wird das Gesichtsbild, in Folge fehlender Association, nicht verändert. Es kann dadurch eine mangelhafte Lokalisation des Tasteindrucks zu Stande kommen, wie wir bei der Kreuzung der Finger gesehen haben (S. 136).

In gleicher Weise erklärt es sich auch, dass nach der Transplantation die bekannten Fehler in der Lokalisation begangen werden. Vor der Operation ist die Reizung eines Punktes A der Stirn mit der Gesichtsvorstellung (oder Wortbezeichnung) eines gewissen Punktes der Stirn associiert gewesen; diese Association ist eine sehr konstante und feste. Wird nun die Haut von der Stirn künstlich auf die Nase gebracht, so wird bei Reizung des Punktes A, der jetzt auf der Nase ist, eine Erregung in denselben Nervengebieten wie vorher fortgepflanzt; dieser Erregung korrespondiert aber eine Empfindung, welche mit der Gesichtsvorstellung (bez. Wortbezeichnung) eines gewissen Punktes der Stirn verbunden ist, und diese Verbindung ist so fest, dass neue Beobachtungen und Korrektionen sie nicht zu verändern im Stande sind. Erst nachdem zu diesem Punkte A neue Nervenfasern gelangt sind, so dass die Erregung, bei Reizung von A, sich in neue Nervengebiete fortpflanzt, wird man bei Reizung jenes Punktes Empfindungen erhalten, die mit Gesichtsbildern von Teilen der Nasenoberfläche verbunden sind.

15. Wir betrachten nun den Fall, wo das Individuum seine Aufmerksamkeit auf die räumliche Beschaffenheit des Tasteindrucks richtet, und wir nehmen an, dass es keine Bewegungen ausführt, also rein passiv sich verhält. Hier haben wir mehrere Fälle zu unterscheiden.

1. Die Berührung ist punktförmig. Man erkennt in diesem

Falle meistens sofort, ob die Berührung stumpf oder spitz ist; die Empfindungen sind in beiden Fällen qualitativ verschieden, denn die eine hat einen schmerzhaften Charakter, die andere ist aber nur eine Berührungsempfindung. Man sagt sich sofort, dass der erste Eindruck ein ganz kleiner scharf begrenzter Punkt ist, der zweite aber ein grösserer Eindruck mit verschwommenen Grenzen. Es ist dies der einfachste Fall.

2. Der Eindruck hat eine *lineare* Ausdehnung; es findet z. B. die Berührung mit zwei Punkten, mit einer Linie oder die Bewegung eines Punktes auf der Haut statt. Es fragt sich, wie das Individuum die lineare Ausdehnung des Eindrucks erkennt, also wie es erkennt, dass es zwei Punkte oder eine Linie oder eine Bewegung vor sich hat? Wie erkennt es ferner die Grösse dieser Ausdehnung, und endlich wie erkennt es die Richtung, in der diese Ausdehnung verläuft? Man kann mit grosser Wahrscheinlichkeit annehmen, dass es für jede Hautstelle besondere automatische und physiologische Einrichtungen giebt, von denen die Leichtigkeit und Genauigkeit der Wahrnehmung der linearen Ausdehnung abhängt. Auf diese Weise kommt es, dass die Schwellen an verschiedenen Hautstellen verschieden gross sind. Die Beobachtungen von Féré und Stern haben diese Annahme wesentlich gestützt (S. 44). Andererseits spielt aber auch die Erfahrung eine sehr grosse Rolle bei diesen Wahrnehmungen. Dies erkennen wir am deutlichsten aus dem Einflusse, welchen die Übung auf die Schwelle ausübt.

Wir können ferner mit Sicherheit sagen, dass der physiologische Erregungsvorgang bei der Berührung einer Hautstelle mit zwei Spitzen ein anderer ist, als bei Berührung derselben Stelle mit einer Linie, und dass er hier wieder ein anderer ist, als bei Bewegung eines Punktes auf der Haut. Wir können aber nicht sagen, ob diese Verschiedenheiten an sich genügen, um die Verschiedenheiten der korrespondierenden Wahrnehmungen zu erklären, oder ob es noch der Annahme einer wesentlichen Mitwirkung associativer Faktoren bei diesen Wahrnehmungen bedarf.

Ebenso steht es auch mit der Wahrnehmung der Grösse. Die Beobachtung zeigt, dass die scheinbare Grösse in einem umgekehrten Verhältnisse zu der Schwelle steht, d. h. je *grösser* an einer Hautstelle die Schwelle ist, umso *kleiner* erscheint die Entfernung zweier

Spitzen, mit denen man die Haut berührt. Steht hier die Wahrnehmung der Entfernung in irgend einer Abhängigkeit von der Grösse der Schwelle oder sind die Schwelle und die Wahrnehmung der Entfernung von einem und demselben Grundfaktor abhängig? Das können wir jetzt noch nicht entscheiden. Jedenfalls spielt die Erfahrung auch hier eine grosse Rolle. Ich habe mich absichtlich der Aufstellung von Hypothesen enthalten und habe versucht zu zeigen, dass es noch viel Unbestimmtes und Unbekanntes hinsichtlich der einfachsten Fragen über die Raumwahrnehmungen im Gebiete des Tastsinnes giebt, so dass man zur Zeit eine vollständige Theorie überhaupt nur mit Hilfe einer ganzen Anzahl von willkürlichen Hypothesen entwickeln kann.

BIBLIOGRAPHIE.

I.

Psychophysische und psychologische Untersuchungen an normalen Individuen.

1. Abbott. Sight and Touch. London 1864.
2. Agostini. Sensibilité chez les épileptiques. Revista sperim. di Freniatria. XVI. 1890.
3. Alsberg, M. Untersuchungen über den Raum- und Temperatursinn bei verschiedenen Graden der Blutzufuhr. Dissert. Marburg 1863.
4. Asch, M. Über das Verhältnis des Temperatur- und Tastsinns zu den bilateralen Funktionen. Dissert. Berlin 1879.
5. Aubert und Kammler. Untersuchungen über den Druck- und Raumsinn der Haut. Moleschott's Unters. z. Naturl. d. Menschen u. d. Tiere. Bd. V. 1858. S. 141—179.
6. Axenfeld. Les cercles tactiles d'un microbas. Arch. ital. de Biol. XII.
7. Bain. The senses and the intellect. 4. Aufl. S. 96 ff., 198 ff., 254 ff. 387 ff. und 686 ff.
8. —— Mental and Moral Science. Vol. I.
9. Ballard. Observations on the tactile Sensibility of the Hand. Medical Times and Gazette. 1862. S. 332.
10. Barth. Etudes sur le sens du lieu et sur la mémoire de ce sens. (Russisch.) Dissert. Dorpat 1894.
11. Bélugou. Une nouvelle Laura Brigman. Revue Philos. 1889. S. 175. XXVIII.
12. Bernhardt. Die Sensibilitätsverhältnisse der Haut. Dissert. Berlin 1874.
13. Bernstein. Untersuchungen über den Erregungsvorgang im Nerven- und Muskelsysteme. Erregungsvorgang in den empfindenden Nervencentren. S. 163—203. Heidelberg 1871.
14. Bowditsch and Southard. A Comparison of Sight and Touch. Journ. of Physiol. III. 1880. S. 232.
15. Brown. Lectures on the philosophy of the human mind. Vol. I. 1820. S. 487—587.
16. Brown-Séquard. Augmentation de la finesse du sens du lieu par suite de l'hyperesthésie. Journ. de Physiol. I. 1858.
17. Buccola. Nuove ricerche sulla durata della localizzazione tattile. Revista di Filos. scientifica. I. 1881. S. 5—12.

18. Buccola e Seppilli. Sulle modificazione sperimentali della sensibilità e sulle teorie relative. Revista sperimentale di Freniatria e med. legale. VI. 1880.

19. Camerer. Versuche über den Raumsinn der Haut bei Kindern. Zeitsch. f. Biol. 1881. S. 1—22.

20. —— Versuche über den Raumsinn der Haut nach der Methode der richtigen und falschen Fälle. Zeitsch. f. Biol. 1883. S. 280—300.

21. —— Die Methode der Äquivalente angewandt zur Maassbestimmung der Feinheit des Raumsinnes. Zeitsch. f. Biol. XXIII. 1887. S. 508—559.

22. Cavegnis. Ricerche sperimentali intorno all' azione della temperatura, dei narcotici e dei sinapismi sulla sensibilità tattile. Omodei annali universali 1867.

23. Cesca. Le teorie nativistiche e genetiche della localizzazione spaziale. Verona 1885. S. 156.

24. Condillac. Traité des sensations. II. et III. parties.

25. Czermak, J. N. Über die Hautnerven des Frosches. Théorie de l'interférence. Müller's Arch. f. Anat. u. Physiol. 1849. S. 265—268.

26. —— Beiträge zur Physiologie des Tastsinnes. Sitz.-Ber. d. Wien. Akad. 1855. Bd. XV. S. 466—520.

27. —— Weitere Beiträge zur Physiologie des Tastsinnes. Sitz.-Ber. d. Wien. Akad. 1855. XVIII. S. 577—600.

28. —— Zur Lehre vom Raumsinn der Haut. Moleschott's Unters. z. Naturl. d. Menschen u. d. Tiere. Bd. I. 1856. S. 183—205.

29. Dehn, W. Vergleichende Prüfungen über den Haut- und Geschmackssinn bei Männern und Frauen verschiedener Stände. Dissert. Dorpat 1894.

30. Dessoir. Über den Hautsinn. Arch. f. Physiol. von du Bois. 1892. S. 175—340.

31. Dresslar. Studies in the Psychology of Touch. Amer. Journ. of Psych. VI. S. 313—368.

32. —— A New Illusion for Touch and an Explanation for the Illusion of Displacement of certain Cross Lines in Vision. Amer. Journ. of Psych. VI. S. 274.

33. Drosdoff. Veränderung der Sensibilität bei Gelenkrheumatismus und die Elektrotherapie dieser Krankheit. Centralbl. f. med. Wissensch. 1875. S. 259.

34. Dunan. Un nouveau cas de guérison d'aveugle-né. Rev. Phil. XXVII. 1889. S. 58—72.

35. —— L'espace visuel et l'espace tactile. Revue Philosoph. XXV. 1888.

36. —— Théorie psych. de l'espace. Paris, Alcan 1895. S. 165.

37. Eisner, M. Über die Beurteilung der Grösse und der Gestalt von Flächen, welche die Haut berühren. Dissert. Erlangen 1888.

38. Engländer, A. Untersuchungen über den Einfluss des faradischen Pinsels auf die Sensibilität der Haut. Dissert. Bonn 1885.

39. Eulenburg. Die hypodermatische Injektion von Arzneimitteln. Centralbl. f. med. Wissensch. 1863. S. 721.

40. Fechner. Über die Methode der richtigen und falschen Fälle in Anwendung auf die Maassbestimmungen der Feinheit oder extensiven Empfindlichkeit des Raumsinnes. Abhandl. Sächs. Ges. d. Wiss. Leipzig 1884. 202 S.

41. Féré, Ch. Sur la sensibilité de la pulpe des doigts. Comptes rendus Soc. de Biol. 1895.

42. —— La main, la préhension et le toucher. Rev. Philos. Juin 1896. S. 621—636.

43. v. Frey, M. Untersuchungen über die Sinnesfunktionen der menschlichen Haut. Erste Abhandl.: Druckempfindung und Schmerz. Bd. XXIII der Abhandl. d. Math.-phys. Klasse d. Königl. Sächs. Ges. d. Wissensch. Leipzig 1896.

44. Funke, O. Zur Lehre von den Empfindungs-Kreisen der Netzhaut. Berichte d. naturforsch. Ges. zu Freiburg, Bd. III. S. 89—116.

45. —— Über den Ortssinn. In Hermann's Handb. d. Physiol. III, 2. S. 374—414.

46. Galton. Sensibilité comparative de l'homme et de la femme. Nature. London 1894.

47. Gärtner. Versuche über den Raumsinn der Haut an Blinden. Zeitsch. f. Biol. 1881. XVII. S. 56—61.

48. Goldscheider. Neue Thatsachen über die Hautsinnesnerven. Arch. für Physiol. v. du Bois-Reymond. 1885. Supplem. S. 1—111.

49. Goltz, F. De spatii sensu cutis. Dissert. Königsberg 1858.

50. Griessbach, H. Über Beziehungen zwischen geistiger Ermüdung und Empfindungsvermögen der Haut. Arch. f. Hygiene. Bd. XXIV. 1895.

51. Hall, St. The muscular perception of space. Mind III. S. 433—450.

52. —— und v. Kries, J. Über die Abhängigkeit der Reaktionszeiten vom Ort des Reizes. Arch. f. Physiol. v. du Bois-Reymond. 1879.

53. —— und Donaldson. Motor Sensations on the Skin. Mind X. 1885. S. 557.

54. —— Laura Bridgman. Mind 1879.

55. Hamilton. Lectures on Metaphysics and Logic. Bd. II. London 1870.

56. Hartmann. Versuche über den Raumsinn des Rumpfes und des Halses. Zeitsch. f. Biol. XI. 1875.

57. Haycraft. Experience with the Sense of Touch. Journ. of Physiol. 1885.

58. Heller, Th. Studien zur Blinden-Psychologie. Philos. Stud. XI. 1895.

59. Henri, V. Recherches sur la localisation des sensations tactiles. Arch. de Physiol. 1893. S. 618—627.

60. —— und Tawney, G. Über die Trugwahrnehmung zweier Punkte bei der Berührung eines Punktes der Haut. Philos. Stud. XI. S. 394—405.

61. —— La localisation des sensations tactiles. Année Psycholog. Vol. II. S. 168—193.

62. —— Revue générale sur le sens du lieu de la peau. Année Psycholog. Vol. II. S. 295—363.

63. —— Nouvelles recherches sur la localisation des sensations tactiles. Revue Philos. 1897; Année Psycholog. Vol. III; Comptes rendus de la Soc. de Biolog. 1896.

64. Herbart. Psychologie als Wissenschaft. § 109—116.

65. —— Lehrbuch der Psychologie. 2. Abschnitt.

66. Hering. Beiträge zur Physiologie; besonders S. 323—329. 1864.

67. —— Der Raumsinn und die Bewegungen des Auges. In Hermann's Handb. für Physiol. 1879. Bd. III. S. 343—601.

68. HEYD. Der Tastsinn der Fusssohle als Äquilibrierungsmittel des Körpers beim Stehen. Dissert. Tübingen 1862.
69. HOCHEISEN. Muskelsinn der Blinden. Zeitsch. f. Psychol. u. Physiol. der Sinnesorg. V. S. 239. 1893.
70. HODGSON, S. H. Time and Space, a metaphysical Essay. London 1865.
71. HOFFMANN. Stereognostische Versuche angestellt zur Ermittelung der Elemente des Gefühlssinnes, aus denen die Vorstellungen der Körper im Raume gebildet werden. Deutsch. Arch. f. klin. Med. XXXV. 1884. Dissert. Strassburg.
72. Israel, L. Über die Veränderung der Tastempfindlichkeit durch Heilmittel. Dissert. Würzburg 1887.
73. JAMES, W. Principles of Psychology. Bd. II. S. 134—282.
74. —— Text-book of Psychology. S. 335—350. Auch Mind. 1887.
75. JASTROW. The perception of space by Disparate Senses. Mind XI. 1886. S. 539.
76. JÉRUSALEM, W. Laura Bridgman, Erziehung einer Taub-stumm-Blinden. Jahresbericht Staatsgymnas. Wien 1890. S. 46.
77. JUDD. Über Raumwahrnehmungen im Gebiete des Tastsinnes. Philos. Stud. XII. 1896. S. 409—464.
78. KELLER, F. Untersuchungen über den Tastsinn der Haut. Dissert. Bonn 1884.
79. KER, A. Über den antagonistischen Einfluss der Hautreize auf die Sensibilität symmetrischer Körperstellen. Dissert. Bern 1880.
80. KLINKENBERG. Der Raumsinn der Haut und seine Modifikation durch äussere Reize. Dissert. Bonn 1883.
81. KLUG, F. Feinheit des Ortssinnes. Arch. f. Physiol. v. DU BOIS-REYMOND. 1877. S. 275.
82. —— Wärmeortssinn. Arbeiten aus der physiolog. Anstalt zu Leipzig. 1876. S. 168.
83. KÖLLIKER. Mikroskopische Anatomie. Kritik der Theorie der Empfindungskreise. Bd. II. S. 39—45. Leipzig 1850.
84. KOTTENKAMPF, R., und ULLRICH, H. Versuche über den Raumsinn der Haut der oberen Extremität. Zeitsch. f. Biol. VI. 1870.
85. KREMER. Über die Einwirkung der Narcotica auf den Raumsinn der Haut. PFLÜG. Arch. f. Physiol. 1883. Dissert. Bonn.
86. KROHN. Sensation Areas and Movement. Psych. Review. May 1894. I.
87. —— An Experimental Study of simultaneous stimulations of the sense of Touch. Journ. Nervous and Mental Diseases. 1893. S. 16.
88. KÜLPE. Grundriss der Psychologie. 1893.
89. LEEGAARD, CHR. Om Åstesiometerprovens Värdi som klinisk Undersögelsesmetode. Norsk mag. f. Lägevidensk. 1889. IV. S. 221.
90. LEUBUSCHER. Zur Lokalisation der Tastempfindung. Jenaische Zeitsch. f. Naturwissensch. XX.
91. LÉVY, S. Raumsinn der Haut. Dissert. München 1891.
92. LEWY, W. Untersuchungen über das Gedächtnis. Zeitsch. f. Psychol. u. Physiol. d. Sinnesorg. VIII. S. 231. 1835.
93. LICHTENFELS. Über das Verhalten des Tastsinnes bei Narkosen der Central-Organe, geprüft nach der WEBER'schen Methode. Sitzungsber. d. Wien. Akad. 1851. VI. S. 265—268.

94. LIEGEOIS. De la distinction des diverses sensations tactiles à l'aide d'un esthésiomètre nouveau. 1868.
95. LIPPS. Grundthatsachen des Seelenlebens. 1883. S. 472—587.
96. —— Psychologische Studien. 1885.
97. LOEWENTON. Versuche über das Gedächtnis im Gebiete des Raumsinnes der Haut. Dissert. Dorpat 1893.
98. LOMBROSO. Tatto e tips degenerativo in donne normali criminali, e alienate. Arch. di psichiatr. scienza penali e anthr. crim. XII. 1891.
99. —— La sensibilité de la femme. Congrès de Londres. 1892. S. 41.
100. —— und OTTOLENGHI. Die Sinne der Verbrecher. Zeitsch. f. Psychol. u. Physiol. d. Sinne. II. S. 337—360.
101. LOTZE. Seele und Seelenleben. Die Lokalisation der Empfindungen. In WAGNER's Handwörterb. d. Physiol. III. 1. 1846. S. 172—190.
102. —— Medizinische Psychologie. Leipzig 1852. p. 325—453.
103. —— De la formation de la notion d'espace. Revue Philos. 1877. Bd. IV. S. 345—365.
104. —— Grundzüge der Psychologie. S. 31—43. 4. Aufl. 1889.
105. —— Metaphysik. S. 543—574. 2. Aufl. 1884.
106. —— Mikrokosmus. I. S. 324—359. 4. Aufl. 1884.
107. —— Anhang zu STUMPF's Untersuchungen über den psychologischen Ursprung der Raumvorstellung. Leipzig 1873. S. 315—324.
108. LUSSANA. De la sensibilité des parties privées de la peau. Arch. Ital. de Biol. 1885.
109. MANOUVRIER. Nouvel esthésiomètre. Arch. de Physiol. 1876. S. 757.
110. MEISSNER, G. Beiträge zur Anatomie und Physiologie der Haut. Leipzig 1853. S. 26—44.
111. —— Zur Lehre vom Tastsinne. Zeitsch. f. ration. Med. Bd. IV. 1854. S. 260 und Bd. VII. S. 92.
112. MILL, JAMES. Analysis of the phenomena of the human mind. Ausgabe von 1869. Bd. II. S. 142—163. Hier sind auch wichtige Anmerkungen von BAIN und J. ST. MILL.
113. MILL, J. ST. An examination of Sir W. HAMILTON's philosophy. 6. Aufl. 1889. S. 187—313.
114. MONTGOMERY. Space and Touch. Mind X. 1885.
115. MÜLLER, G. E. Über die Maassbestimmungen des Ortssinnes der Haut mittels der Methode der richtigen und falschen Fälle. PFLÜG. Arch. f. Physiol. XIX. 1879.
116. MÜLLER, J. Handbuch der Physiologie. 1844. 4. Aufl. Bd. I. S. 602—610. Bd. II. S. 249 ff.
117. —— Zur vergleichenden Physiologie des Gesichtssinnes. Leipzig 1826. S. 39—55, auch S. 84 ff.
118. MURPHY, J. Space through sight and touch. Mind I, S. 284.
119. NICHOLS, H. Our notions of Number and Space. I. Vol. Boston, Ginn. 1894. 200 S.
120. PAULUS, A. Versuche über den Raumsinn der Haut der unteren Extremität. Zeitsch. f. Biol. VII. 1871.
121. PARRISH. The Cutaneous Estimation of Open and Filled Space. Amer. Journ. of Psych. VI. S. 514.

122. Parrish. Localisation of Cutaneous Impressions by Arm movement without Pressure upon the skin. Amer. Journ. of Psychol. Bd. VIII. 1897. S. 250—268.

123. Pillsbury. Cutaneous Sensibility. Amer. Journ. of Psych. VII. 1895. S. 42—57.

124. Rauber, A. Über den Wärmeortssinn. Centralbl. f. med. Wissensch. 1869. S. 272.

125. Ribot. Les théories allemandes sur l'espace tactile. Revue Philos. Vol. VI. 1878. S. 130.

126. Riecker, A. Versuche über den Raumsinn der Kopfhaut. Zeitsch. f. Biol. X. 1874.

127. —— Versuche über den Raumsinn der Haut des Unterschenkels. Zeitsch. f. Biol. IX. 1873. S. 95—103.

128. Rivers. A modification of Aristotles Experiment. Mind 1894. S. 583.

129. Robertson. Sense of Doubleness with crossed Fingers. Mind I. S. 145.

130. Rumpf. Einfluss der Narcotica auf die Empfindlichkeit der Haut. Vortrag am 2. Med. Kongress zu Wiesbaden. 1883.

131. Schimpf. Raumsinn der unteren Extremität bei Anchylose des Kniegelenks. Dissert. Tübingen 1882.

132. Schmey. Über die Modifikation der Tastempfindung. Arch. f. Physiol. v. du Bois-Reymond. 1884.

133. Schwertassek. Über die Theorie der Lokalzeichen. Schulprogramm. Leitmeritz 1891. S. 2—11.

134. Serebrenni, A. Über den Einfluss der Hautreize auf die Sensibilität der Haut. Dissert. Bern 1876.

135. Simon. Über Empfindungskreise. Arch. f. Anat. u. Physiol. 1878.

136. Spake, C. Untersuchungen über den Einfluss galvanischer Ströme auf die Sensibilität der Haut. Dissert. Bonn 1883.

137. Spencer, H. Our space-consciousness. Mind XV. 1890. S. 305—324.

138. Spies. Physiologie des Nervensystems. Braunschweig 1844.

139. Steinbuch. Beitrag zur Physiologie der Sinne. 1811. S. 40—43.

140. Stern, A. Zur ethnographischen Untersuchung des Tastsinnes der Münchener Stadtbevölkerung. Beitr. zur Anthropol. XI. 1895. 3 u. 4.

141. Stolnikow. Influence des bains de températures différentes sur le sens du lieu de la peau. (Russisch.) Gazette méd. de St. Pétersbourg 1878.

142. Stricker. Untersuchungen über das Ortsbewusstsein. Sitz.-Ber. d. Wien. Akad. 1877. S. 287—290.

143. Stumpf. Über den psychologischen Ursprung der Raumvorstellung. Leipzig 1873; besonders zu beachten sind S. 106—142 und S. 272—314.

144. —— Zum Begriff der Lokalzeichen. Zeitsch. f. Psychol. u. Physiol. d. Sinne. IV. S. 70. 1892.

145. Suslowa, N. Veränderung der Hautgefühle unter dem Einfluss elektrischer Reizung. Zeitsch. f. ration. Med. XVII. 1863. S. 155—160.

146. Szabadföldi. Beiträge zur Physiologie des Tastsinnes. Moleschott's Unters. z. Naturl. d. Menschen u. d. Tiere. IX. 1865. S. 624.

147. Taine. De l'intelligence. Bd. II. Cap. I. »Idées qui composent l'idée de corps.«

148. Tawney, G. The perception of two Points not the spacethreshold. Psychol. Review II. 1895. p. 585—598.

149. Tawney, G. Über die Wahrnehmung zweier Punkte mittelst des Tastsinnes, mit Rücksicht auf die Frage der Übung und die Entstehung der Vexierfehler. Philos. Stud. Bd. XIII. S. 163—222.
150. Teuffel. Über Veränderungen der Sensibilität der Bauchhaut während der Schwangerschaft. Zeitsch. f. Biol. XVIII. 1882.
151. Thomson, Allen. Etude sur le sens du lieu de la peau. Edinburg Med. aud Surg. Journ. No. 116. 1841.
152. Tschelpanoff. Das Problem der Wahrnehmung des Raumes im Zusammenhange mit der Lehre von der Apriorität und der Angeborenheit. I. Teil. Raumvorstellung vom Standpunkte der Psychologie. (Russisch.) Kiew 1896. 387 S.
153. Valentin. Physiologie. II. S. 565. 1844.
154. —— De functionibus nervorum. 1840. S. 118. 119.
155. Vannod. La fatigue intellectuelle et son influence sur la sensibilité cutanée. Dissert. méd. de Bern 1896.
156. Vierordt. Die Abhängigkeit der Ausbildung des Raumsinnes der Haut von der Beweglichkeit der Körperteile. Zeitsch. für Biol. VI. 1870. S. 53—72.
157. —— Über die Ursachen der verschiedenen Entwickelung des Ortssinnes der Haut. Pflüg. Arch. f. Psych. II. 1870. S. 297—306.
158. —— Grundriss der Physiologie des Menschen. 5. Aufl. 1877. S. 340—355.
159. —— Zeitsinn. Tübingen 1868. S. 118—123.
160. Volkmann, A. Neue Beiträge zur Physiologie des Gesichtssinnes. Leipzig 1836. S. 50.
161. —— Nervenphysiologie. In Wagner's Handwörterb. der Physiol. 1844. S. 570.
162. —— Über den Einfluss der Übung auf das Erkennen räumlicher Distanzen. Ber. d. Sächs. Ges. d. Wiss. 1858. S. 38—69.
163. Volkmann. Lehrbuch der Psychologie. 4. Aufl. Bd. II. S. 1—160.
164. Ward, J. Psychology. Encyclopaedia Britannica. 9. Aufl. S. 46 u. 53.
165. Washburn, Margaret. Über den Einfluss von Gesichtsassociationen auf die Raumwahrnehmungen der Haut. Philos. Stud. XI. 1895. S. 60; auch bei Wilh. Engelmann. Leipzig.
166. —— Some Apparatus for Cutaneous Stimulation. Amer. Journ. of Psych. VI. S. 422.
167. Watson. Mr. Spencer's derivation of space. Mind 1890. S. 537—544.
168. Weber, E. H. De pulsu, resorptione, auditu et tactu Annotationes anatomicae et physiologicae. Lipsiae 1834. S. 44—175.
169. —— Über die Tastorgane als die allein fähigen, um uns die Empfindung von Wärme, Kälte und Druck zu verschaffen. Ber. d. Sächs. Ges. d. Wiss. 1847. S. 358.
170. —— Über die Umstände, durch welche man geleitet wird, die Empfindungen auf äussere Objekte zu beziehen. Ber. d. Sächs. Ges. d. Wiss. 1848. S. 226.
171. —— Tastsinn und Gemeingefühl. In Wagner's Handwörterb. d. Physiol. 1848. Bd. III. 2. S. 481—588.
172. —— Über den Raumsinn und die Empfindungskreise in der Haut und im Auge. Ber. d. Sächs. Ges. d. Wiss. 1852. S. 85—164.

173. Wundt, W. Über den Gefühlssinn, mit besonderer Rücksicht auf dessen räumliche Wahrnehmungen. Beiträge zur Theorie der Sinneswahrnehmungen. 1862. S. 1—65.
174. —— Physiologische Psychologie. 4. Aufl. Bd. II. S. 5—46 und S. 215—234.
175. —— Théorie des signes locaux. Revue Philos. Bd. VI. 1878. S. 217—231.
176. —— Vorlesungen über die Menschen- und Tierseele. 1. Aufl. 1863. Bd. I. S. 241—285. 2. Aufl. 1892. S. 160—181.
177. —— Neuere Leistungen auf dem Gebiete der physiologischen Psychologie. Vierteljahrschr. f. Psychiatrie. 1867.
178. —— Über die Entstehung räumlicher Gesichtswahrnehmungen. Philos. Monatsh. Bd. III.
179. —— Logik. 2. Aufl. 1893. Bd. I. S. 505—515.
180. —— Philosophische Studien. Bd. III etc.

II.

Physiologische und pathologische Untersuchungen.

181. Alea. Etude clinique des troubles de la sensibilité générale des sens musculaire et stéréognostique dans les hémiplégies de cause cérébrale. Paris. Thèse. 1896.
182. Abbatucci. Etude psychologique sur les hallucinations des amputés. Thèse de Bordeaux. 1894.
183. Allamand. De externo tactus organo. Lugd. Bat. in 4⁰. 1753.
184. Baginsky. Über das Verhalten von Nervenendorganen nach Durchschneidung der zugehörigen Nerven. Virchow's Arch. 1894.
185. Ball. Leçons sur les maladies mentales. 1880—1883. Amputés.
186. Bastian. On the relation of sensory impressions and sensory centres to voluntary movements. Brain Bd. 18. S. 615.
187. Bechterew. Über die Lokalisation der Hautsensibilität (Tast- u. Schmerzempfindungen) und des Muskelsinnes an der Oberfläche der Grosshirnhemisphären. Neurol. Centralbl. 1883.
188. Beresowski. Über die histologischen Vorgänge bei Transplantation von Hautstücken auf Tiere einer anderen Species. Ziegler's Beitr. Bd. 12. 1892. S. 131.
189. Berger, P. Suture du nerf cubital pour une blessure de ce nerf remontant à plus de 4 mois; retour presque immédiat de la sensibilité. Bull. de l'Acad. de Méd. 1893. Bd. 29.
190. Berkley. Two Cases of General Cutaneous and Sensory Anaesthesia, without marked psychical Implication. Brain Bd. 14. 1891. S. 441.
191. Bernhardt. Die Erkrankungen der peripherischen Nerven. Wien 1895.
192. Bizet. Sur une hallucination du toucher propre aux amputés. Gaz. méd. de Paris 1861.
193. Bosc. De l'allochirie sensorielle, sa place dans la symptomatologie des maladies du système nerveux. Revue de Médecine 1892. S. 841.
194. Bregmann. Über experimentelle aufsteigende Degeneration motorischer und sensibler Hirnnerven. Jahrb. d. Psychiatr. 1892.

195. Brown-Séquard. Faits tendant à montrer que le retour de la sensibilité et du mouvement après la suture des nerfs est dû à une dynamogénie remplaçant de l'inhibition. Bull. de l'Acad. de Méd. 1893. S. 582.
196. —— Recherches sur la transmission des impressions de tact, de chatouillement, de douleur, de température et de contraction (sens musculaire) dans la moelle épinière. Journ. de Physiol. Bd. VI. 1863. S. 124—145, 232—248, 581—646.
197. —— Nouvelles recherches sur la physiologie de la moelle épinière. Journ. de Physiol. Bd. I. 1858. S. 139.
198. —— Sur la sensibilité tactile et sur un moyen de la mesurer dans l'anesthésie et l'hyperesthésie. Journ. de Physiol. I. 1858. S. 344.
199. —— Expériences nouvelles sur la transmission des impressions sensitives. Journ. de Physiol. II. 1859. S. 65.
200. —— Recherches expérimentales sur diverses questions relatives à la sensibilité. Journ. de Physiol. IV. 1861. S. 140.
201. Busch. Beiträge zur Rhinoplastik. Virchow's Arch. 1859. Bd. 16. S. 20—39.
202. —— Beitrag zur Physiologie der sensiblen Hautnerven im Anschluss an einen Fall von partieller Empfindungslähmung. Dissert. Halle 1872.
203. Caillet. Etude sur les troubles de la sensibilité dans les affections nerveuses. (Dissociation syringomyelique). Paris. Thèse. 1891.
204. Castel. De la douleur rapportée aux extrémités après qu'elles ont été séparées du membre. Bull. de l'Acad. Royal. Méd. de Paris 1838.
205. Charcot. Leçon sur les illusions des amputés. Leçons du mardi 1887.
206. —— De l'hémianesthésie hystérique. Oeuvres I. S. 300—320.
207. Chipault et Demoulin. Névralgie de la VIII racine postérieure cervicale droite. Iconogr. de la Salpêtr. 1895. S. 136—148.
208. Cyon. Bogengänge und Raumsinn. Arch. für Anat. u. Physiol. Physiol. Abt. 1897. S. 29—112.
209. Dana. A Clinical Study of Neuralgias and of the Origin of reflex or transferred pains. New York med. Journ. 1887.
210. —— On the Localisation of cutaneous and muscular Sensation and memories. Journ. of Nervous and Mental Disease. 1894. Brain 1896. Bd. 19. S. 132—152.
211. —— The cortical representation of the cutaneous Sensations. Journ. of Nerv. and Ment. Disease. 1888.
212. Darkschewitsch. Zur Frage von den Sensibilitätsstörungen bei Herderkrankungen des Gehirns. Neurol. Centralbl. IX.
213. Dogiel. Die Nervenendigungen im Tastkörperchen. Arch. f. Anatom. u. Physiol. Anat. Abt. 1891. S. 182—193. Mit Litteratur.
214. Edinger. Zur Lehre vom Schmerze. Arch. f. Psychiatr. Bd. 23. S. 600.
215. Enderlen. Stichverletzung des Rückenmarks. Deutsch. Zeitsch. f. Chirurg. Bd. 40. S. 201. (67 beschriebene Fälle.)
216. Falkenheim. Nervennaht. Deutsch. Zeitsch. f. Chir. XVI. 1882.
217. Ferrier, D. Case of Allochiria. Brain V. 1882. S. 389—393.
218. Finotti. Beiträge zur Chirurgie und pathologischen Anatomie der peripherischen Nerven. (Nervennaht.) Virchow's Arch. Bd. 143. 1896. S. 133—170.

219. Fischer, G. Zur Symptomatologie der Tabes dorsalis. Deutsch. Arch. für klin. Med. XXVI.

220. v. Frankl-Hochwart. Zur Kenntnis der cerebralen Anästhesie. Intern. klin. Rundschau 1893.

221. Freund. Über das Vorkommen von Sensibilitätsstörungen bei multipler Herdsklerose. Arch. f. Psychiatr. Bd. 22.

222. Friedberg. Rétablissement de la sensibilité dans les lambeaux anaplastiques. Virchow's Arch. 1858. Bd. XVI. S. 540.

223. Friedländer und Krause. Über Veränderungen der Nerven und des Rückenmarkes nach Amputationen. Fortschr. d. Med. Bd. IV. 1886.

224. Fromentel. Recherches sur les douleurs provoquées loin du siège de la lésion. Thèse. 1875.

225. Gay, W. Diphtherial Paralysis-Alloeheiria. Brain XVI. S. 431.

226. Gayet. Tétanos traité par la section de tous les nerfs du plexus brachial à l'aisselle, le musculo-cutané excepté. Lyon Médical. 1870.

227. van Gehuchten. Les terminaisons nerveuses intra-épidermiques chez quelques mammifères. La cellule. Bd. 9. 1893. S. 301—331. Mit Litteratur.

228. Goldmann. Über das Schicksal der nach dem Verfahren von Thiersch verpflanzten Hautstücken. Beitr. zur klin. Chir. Bd. XI. 1894. S. 229—251. Mit Litteratur.

229. Goltz. Der Hund ohne Grosshirn. Pflüg. Arch. Bd. 51. 1892. S. 574.

230. —— Über Verrichtungen des Grosshirns. Pflüg. Arch. Bd. 42. S. 419.

231. Gourdan-Fromentel. Des Sympathies douloureuses ou synalgies. Thèse de Nancy. 1883.

232. Grigorieff. Zur Kenntnis der Veränderungen des Rückenmarks beim Menschen nach Extremitätenamputation. Zeitsch. f. Heilkunde. Bd. 15. 1894. Mit Litteratur.

233. Guéniot. D'une hallucination du toucher ou hétérotopie subjective des extrémités particulière à certains amputés. Journ. de Physiol. 1861. Bd. IV. S. 416—430.

234. Head, H. On Disturbances of Sensation, with especial Reference to the Pain of Visceral Disease. Brain Bd. 16. 1893. S. 1—134. Bd. 17. 1894. S. 339—480. Bd. 19. 1896. S. 153—277.

235. Heinrich. Zur Kasuistik der Nervennaht. Dissert. München 1895.

236. Hertzberg. Beiträge zur Kenntnis der Sensibilitätsstörungen bei Tabes dorsalis. Jena 1875.

237. Herxheimer. Zur Kasuistik der Sklerodermie. Dissert. Greifswald 1896. Mit ausführlicher Litteratur.

238. Hintze. Über Sensibilitätsstörungen am Rumpfe bei Tabes dorsalis. Dissert. Bonn 1896.

239. Homeide. Etude clinique des anesthésies par lésion en foyer de l'écorce cérébrale. Thèse de Paris. 1888.

240. Homburg. Zur Kenntnis der Raynaud'schen Krankheit. Jahrb. d. Psychiatr. Bd. 15. 1896.

241. Homén. Über Veränderungen des Nervensystems nach Amputation. Ziegler's Beitr. Bd. VIII. 1890.

242. Howell and Huber. A physiological, histological and clinical study of the degeneration and regeneration in peripheral nerve fibres after severance

of their connection with the nerve centres. Journ. of Physiol. Bd. XIII u. XIV. 1892 u. 1893.

243. HUBER. Allocherie bei multipler Hirn-Rückenmarkssklerose. Münch. Med. Wochensch. XXXV. 1888.

244. INDERFURTH. De sensu in cute aberrationibus. Bonnae 1832. S. 15—18.

245. JANET, P. Une altération de la faculté de localiser les sensations. Revue Philos. 1890.

246. KALLIUS, E. Endigungen sensibler Nerven bei Wirbeltieren. Ergebnisse d. Anat. u. Entwickelungsgesch. V. Bd. 1895. S. 55—94. Mit sehr ausführlicher Litteratur (185 Nummern).

247. KARG. Studien über transplantierte Haut. Arch. f. Anat. u. Entwickelungsgesch. 1888. S. 369.

248. VAN KEMPEN. Expériences physiologiques sur la transmission de la sensibilité et du mouvement dans la moelle. Journ. de Physiol. II. S. 517.

249. KOCHER, TH. I. Die Verletzungen der Wirbelsäule zugleich als Beitrag zur Physiologie des menschlichen Rückenmarks. II. Die Läsionen des Rückenmarks bei Verletzungen der Wirbelsäule. Mitteilungen aus d. Grenzgebieten d. Med. u. Chir. Bd. I. 1896. S. 415—660. Enthält viele Beobachtungen über Hemisection des Rückenmarks.

250. KÖLLIKER. Die Verletzungen und chirurgischen Erkrankungen peripherischer Nerven. Deutsch. Chir. Lief. 24b. 1890. Sehr vollständige Litteratur.

251. KRAUSE. Die Neuralgie des Trigeminus. Leipzig 1896.

252. LABORDE. Conditions biologiques de la régénération d'un nerf sectionné et de la restitution fonctionelle. Bull. de l'Acad. de médec. 1893. Bd. 29. S. 313, 355, 473 u. 613.

253. LAEHR, M. Über Sensibilitätsstörungen bei Tabes dorsalis und ihre Lokalisation. Arch f. Psychiatr. Bd. 27. 1895. S. 688—756.

254. —— Über Störungen der Schmerz- und Temperaturempfindung infolge von Erkrankungen des Rückenmarks. Arch. f. Psychiatr. Bd. 28. 1896. S. 773—874. Mit guter Litteratur.

255. LANDRY. Traité complet des paralysies. Bd. I. Paris 1859.

256. LE FORT. Sur la suture nerveuse. Bull. de l'Acad. de Méd. 1893. Bd. 29. S. 430.

257. LEMOS. Dissertatio quae dolorem membri amputati remanentem explicat. Hallae 1798.

258. LETIÉVANT. Traité des sections nerveuses. Paris 1873. 548 S. Grosse Anzahl von Beobachtungen über Störungen der Sensibilität und Motilität nach Nervenverletzungen.

259. LEUBE. Über Störungen der Bewegungsempfindung bei Kranken. Centralbl. f. med. Wissensch. 1876.

260. LEYDEN und GOLDSCHEIDER. Die Erkrankungen des Rückenmarks und der Medulla oblongata. Wien, A. Hölder. 1895. S. 131.

261. LEYDEN. Untersuchungen über die Sensibilität im gesunden und kranken Zustande. VIRCHOW's Arch. XXXI. 1864. S. 1—34.

262. LISSO. Zur Lehre von der Lokalisation des Gefühls in der Grosshirnrinde. Dissert. Berlin 1882.

263. LÖWENFELD. Beiträge zur Lehre von den kutanen Sensibilitätsstörungen. Centralbl. f. Nervenheilk. u. Psychiatr. 1896. S. 125—130.

264. MAASSEN. Gegenwärtiger Stand der Lehre über viscerale Neuralgien. Dissert. München 1895.

265. MACKENZIE. Some Points bearing on the Association of Sensory Disorders and Visceral Disease. Brain Bd. 16. 1893. S. 321.

266. MARTIN, G. De la durée de vitalité des tissus dans les transplantations cutanées. Thèse de Paris, 1873.

267. MEISSNER. Archiv für physiol. Heilkunde 1853.

268. MINOR. Centrale Haematomyelie. Arch. f. Psychiatr. Bd. 24. 1892. S. 693—729.

269. MITCHELL, WEIR. Des lésions de nerfs et de leurs conséquences. Paris 1872.

270. —— Wrong reference of sensation of pain. Amer. med. News. 1895. (Allochirie.)

271. —— MOREHOUSE and KEEN. Gunshot Wounds and other Injuries of Nerves. Philadelphia 1864.

272. MOELI und MARINESCO. Erkrankungen in der Haube der Brücke mit Bemerkungen über den Verlauf der Bahnen der Hautsensibilität. Arch. f. Psychiatr. Bd. 24. 1892. S. 655—692.

273. MORSELLI. Allochiria epilessia sensitiva. Accad. med. chirurg. di Genova. 6 mars 1893.

274. MOTT and SHERRINGTON. On the Influence of Sensory Nerves upon Movement. Proceedings of the Royal Society 1895. S. 481.

275. MOURO. A case of sympathetic Pain; Pain in Front of the Chest induced by friction of the Forearm. Brain 18. 1895. S. 566.

276. MÜLLER, K. Über Sensibilität bei Tabes dorsalis. Dissert. Berlin 1889.

277. MÜLLER, W. Beitrag zur Frage der Nervennaht. Deutsch. Zeitsch. f. Chir. Bd. 20. 1884. S. 305—313.

278. NAUNYN. Sensibilitätsstörungen bei Rückenmarkskrankheiten. Arch. f. klin. Med. XXIV.

279. OBERSTEINER. On Allochiria. A Peculiar Sensory Disorder. Brain 1881. IV. S. 153—163.

280. VAN OORDT. Beitrag zur Lehre von der apoplektiformen Bulbärparalyse mit besonderer Berücksichtigung der Schlinglähmung und der Hemianästhesie. Deutsch. Zeitsch. für Nervenheilk. Bd. VIII. 1896. S. 183.

281. OTTO, R. Über Sklerodermie. Dissert. Berlin 1895.

282. PAGE. The immediate suture of divided nerves. Brit. med. Journ. 1881.

283. PETRINA. Über Sensibilitätsstörungen bei Hirnrindenläsionen. Zeitsch. f. Heilk. Bd. 2. 1881. S. 375—398.

284. PHILIPEAUX et VULPIAN. Recherches expérimentales sur la réunion bout à bout de nerfs de fonctions différentes. Journ. de Physiol. Bd. VI. 1863.

285. PITRES. Leçons sur l'hystérie. 2. Bd. 1891. Viele Angaben über die Sensibilität bei Hysterischen.

286. —— Etude sur les sensations illusoires des amputés. Annales médicopsycholog. 1897. S. 5—19 u. 177—192.

287. PRUS. Die Morvan'sche Krankheit, ihr Verhältnis zur Syringomyelie und Lepra. (Sensibilitätsstörungen.) Arch. f. Psychiatr. Bd. XXVII. 1895.

288. PUCHELT. Über partielle Empfindungslähmung. Med. Annalen. X. 1844. S. 485.

289. REDLICH. Über Störungen des Muskelsinnes und des stereognostischen Sinns bei der cerebralen Hemiplegie. Wien. klin. Wochensch. 1893. S. 24—30.

290. RENDU. Recherches sur les altérations de la sensibilité dans les affections de la peau. Annales de dermatol. et de Syphilogr. 1874 und 1875. Bde. V u. VI. Mit vielen Beobachtungen.

291. RHONE. De sensuum mendacio apud eos homines quibus membrum aliquod amputatum est. Halle 1842.

291 bis. RICHET. CH. Recherches expérimentales et cliniques sur la sensibilité. Paris. Masson. 1877.

292. ROSS, J. Distribution of Anaesthesia in cases of diseases of the braches of the roots of the brachial plexus. Brain Bd. VII. S. 51—76.

293. ROSS. On the segmental distribution of sensory disorders. Brain 1888.

294. SAVILL. On a Case of Anaesthesia and Trophic Changes consequent on a Lesion limited to the Gyrus Fornicatus and part of the Marginal Convolution. Brain Bd. 14. 1891. S. 270. Bd. 15. S. 448.

295. SHERRINGTON. On the Distribution of the sixth lumbar nerve of Macacus. Journ. of Anat. Bd. XXIX.

296. —— Experiments in examination of the peripheral Distribution of the Fibres of the posterior Roots of some Spinal Nerves. Philos. Transact. of the Royal Society. Bd. 185.

297. SCHLESINGER. Beitrag zu den Sensibilitätsanomalien bei Lepra. Deutsch. Zeitsch. f. Nervenheilk. Bd. 2. 1892. S. 230—246. Mit Litteratur.

298. —— Über Syringomyelie. 1895. Sehr vollständige Litteratur.

299. SIEVEKING. Der Ästhesiometer. Arch. f. Heilk. 1863.

300. SOTTAS. Deux cas d'hémiplégie spinale avec hémianesthésie. Revue de Médec. 1893.

301. STARR, A. Local Anaesthesia as a Guide in the Diagnosis of Lesions of the upper portion of the Spinal Cord. Brain Bd. 17. 1894. S. 481.

302. STCHERBAK und IVANOFF. Un cas de polyesthésie et de macroesthésie. Arch. de méd. expér. VII. 1895. Auch Russisch in Nevrologitschesky Wiestnik. 1897.

303. STEINACH, E. Über die elektromotorischen Erscheinungen an Hautsinnesnerven bei adäquater Reizung. PFLÜG. Arch. Bd. 63. S. 495—520.

304. STEWART. Allochiria. Brit. Med. Journ. 1893. Nov. S. 1053.

305. —— A Clinical Lecture on a Case of Perverted Localisation on Allachestesia. Brit. Med. Journ. 1894. Jan. S. 1.

306. STOUKOVENKOFF. Du rapport de l'eczema chronique avec l'anesthésie de la peau. Nouv. Iconogr. de la Salpêtr. 1895. S. 164.

307. STROEBE, H. Die allgemeine Histologie der degenerativen und regenerativen Processe im centralen und peripheren Nervensystem nach den neuesten Forschungen. Centralbl. f. allg. Path. u. path. Anat. Dez. 1895. S. 848—960. Ausführliche Litteratur.

308. TALMA. Eine psychische Funktion des Rückenmarks. PFLÜG. Arch. Bd. 37. 1885. S. 617—623.

309. TAMBURINI. Sulla theoria delle allucinazioni. Milano 1880.

310. Thorburn, W. The sensory distribution of spinal nerves. Brain Bd. 16. 1893. S. 355.

311. Tillmanns. Über Nervenverletzungen und Nervennaht. Arch. f. klin. Chir. 1882. Bd. 27. S. 1—102. Sehr vollständige Litteratur.

312. Tissot. Traité des nerfs et de leurs maladies. 1781.

313. Turner. On Hemisection of the Spinal Cord. Brain Bd. 14. 1891. S. 496. Bd. 15. S. 116.

314. Urbantschitsch. Über den Einfluss von Trigeminus-Reizen auf den Tast- und Temperatursinn der Gesichtshaut. Pflüg. Arch. Bd. 41. 1887.

315. Vanlair. Régénération des nerfs. Atlas der pathol. Histol. d. Nervensystems von Babes. II. Berlin 1894. S. 1—30.

316. —— Quelques données chronométriques relatives à la régénération des nerfs. Comptes Rendus de l'Acad. d. Sciences. 1893.

317. Weiss. Über anderseitige Empfindungswahrnehmungen und anderseitige Bewegungserscheinungen. Wien. med. Presse. 1891. No. 46. Allochirie.

318. White, H. On the exact Sensory Defects produced by a localised Lesion of the spinal Cord. Brain 16. 1893. S. 375.

319. Wernicke. Zwei Fälle von Rindenläsion. Arbeiten der psychiatr. Klinik in Breslau Heft II. 1895. S. 33—53.

320. Wolberg, L. Kritische und experimentelle Untersuchungen über die Nervennaht und Nervenregeneration. Deutsch. Zeitsch. f. Chir. Bd. XVIII. 1883. S. 293—364 u. 484—533. Bd. XIX. 1883. S. 82—117. Mit Litteratur.

321. Ziegler, P. Untersuchungen über die Regeneration des Achsencylinders durchtrennter peripherer Nerven. Arch. für klin. Chir. Bd. 51. 1896. S. 796—826.

322. Ziehen. Über eine frühe Störung der Sensibilität bei Dementia paralytica. Neurol. Centralbl. 1886. Störung der Lokalisationsfähigkeit.

Druck von Breitkopf & Härtel in Leipzig.







